

**INSTITUTO UNIVERSITARIO ASOCIACIÓN CRISTIANA DE JÓVENES  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE**

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA  
INTENSIDAD SOBRE VARIABLES FISIOLÓGICAS Y  
SUBJETIVAS DEL ESFUERZO EN ADULTOS JÓVENES**

Investigación presentada al Instituto Universitario de la Asociación Cristiana de Jóvenes, como parte de los requisitos para la obtención del diploma de graduación en la Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deporte.

Tutor: Fabián Boyaro.

NATALIA GRANJA

**MONTEVIDEO**

**2015**

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1	PUNTO DE PARTIDA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.2	OBJETIVO GENERAL .....	4
1.2.1	Objetivos Específicos .....	4
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1	ENTRENAMIENTO .....	5
2.2	CARGA DE ENTRENAMIENTO .....	6
2.2.1	Parámetros Fisiológicos y Subjetivos para Medir Esfuerzos .....	7
2.2.1.1	Frecuencia cardíaca .....	8
2.2.1.2	Volumen máximo de oxígeno .....	9
2.2.1.3	Escala de percepción subjetiva del esfuerzo .....	11
2.3	RESISTENCIA .....	14
2.3.1	Concepto .....	14
2.3.2	Clasificación .....	14
2.3.3	Beneficios del Entrenamiento de Resistencia Aeróbica .....	16
2.4	MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA .....	17
2.4.1	Concepto .....	17
2.4.2	Clasificación .....	17
2.5	ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD .....	19
2.5.1	Reseña Histórica .....	19
2.5.2	Definición, Prescripción y Seguridad .....	21
2.5.3	Popularidad y Efectos .....	24
2.6	ENTRENAMIENTO EN CIRCUITO .....	27
2.6.1	Riesgos del Método HIIT y Posibles Soluciones .....	29
2.7	ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN .....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>31</b>
3.1	MODELO .....	31
3.2	NIVEL .....	31
3.3	DISEÑO .....	31
3.3.1	Procedimiento .....	31
3.4	SUJETOS DE ESTUDIO .....	33

3.5	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.5.1	Materiales.....	34
3.6	PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	35
<b>4</b>	<b>PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>49</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE ILUSTRACIONES

### LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Adaptaciones fisiológicas con HIIT.....	26
Cuadro 2: <i>Top 20 worldwide fitness trends for 2016</i> .....	27

### LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Valor de la PSE de 0 a 10.....	12
Tabla 2: Hipotética equivalencia entre cuatro medidas de intensidad.....	13
Tabla 3: Características del método interválico.....	18
Tabla 4: Características del método intervalado.....	18
Tabla 5: Clasificación del método HIIT.....	24
Tabla 6: Descripción de la población general en estudio.....	36
Tabla 7: VO <sub>2</sub> máx. en cada uno de los tres tiempos .....	40
Tabla 8: % de ganancia de VO <sub>2</sub> máx. (ml/min.kg).....	42
Tabla 9: FCB alcanzada en cada uno de los 3 tiempos.....	44
Tabla 10: PSE en los tres tiempos.....	45
Tabla 11: FCM en cada uno de los tres tiempos.....	47

### LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1: Edad en años según grupo en estudio.....	37
Gráfica 2: Conformación por sexo de cada grupo.....	38
Gráfica 3: IMC según grupo.....	39
Gráfica 4: VO <sub>2</sub> máx. (ml/min.kg) en los 3 tiempos para ambos grupos.....	41
Gráfica 5: % ganancia VO <sub>2</sub> máx. para ambos grupos .....	43
Gráfica 6: FCB en los 3 tiempos para ambos grupos.....	45
Gráfica 7: Frecuencia PSE inicial.....	46
Gráfica 8: Frecuencia PSE intermedia.....	46
Gráfica 9: Frecuencia PSE final.....	46
Gráfica 10: FCM en 3 tiempo para ambos grupos.....	48

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ACSM	<i>American college of sport medicine</i> : Colegio americano de medicina del deporte.
AIT	<i>Aerobic interval training</i> : Entrenamiento de intervalo aeróbico.
ECM	Entrenamiento continuo de moderada intensidad.
EF	Entrenamiento funcional.
FC	Frecuencia cardíaca.
FCB	Frecuencia cardíaca basal.
FCM	Frecuencia cardíaca máxima.
FCE	Frecuencia cardíaca de entrenamiento.
HICT	<i>High-intensity circuit training</i> : Entrenamiento en circuito de alta intensidad.
HIIT/HIT	<i>High-intensity interval training</i> : Entrenamiento de intervalos de alta intensidad.
OMS	Organización mundial de la salud.
PSE	Percepción subjetiva del esfuerzo.
SIT	<i>Sprint interval training</i> : Entrenamiento de intervalos de velocidad.
VO <sub>2</sub>	Consumo de oxígeno.
VO <sub>2</sub> máx.	Consumo máximo de oxígeno.

## RESUMEN

La presente investigación trató sobre el entrenamiento orientado a promover la mejora de la condición física y la capacidad funcional del organismo. Tuvo como finalidad analizar los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) sobre el sistema cardiorrespiratorio, así como también, en la percepción subjetiva del esfuerzo, en adultos jóvenes sanos de ambos sexos con las características de la muestra utilizada para un tiempo estipulado de 8 semanas. Dada la importancia del ejercicio físico para la promoción de la salud y los notables cambios que se han producido en los últimos años en la programación del entrenamiento para sujetos no atletas, se plantearon como objetivos describir los cambios ocurridos en el consumo máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca basal, el porcentaje de ganancia del consumo máximo de oxígeno y la percepción subjetiva del esfuerzo luego de la aplicación del HIIT al 80 - 90% de la frecuencia cardíaca máxima. La muestra se dividió en dos subgrupos, de diecisiete sujetos cada uno. El grupo expuesto, realizó HIIT y el grupo control continuó con su actividad habitual (3 veces por semana, 30 min. de ejercicio aeróbico continuo y 30 min. de resistencia muscular). El plan tuvo una frecuencia de 3 sesiones por semana de 46 minutos cada una, en las cuales se aplicó el HIIT organizado en circuito. El principal resultado fue el porcentaje de ganancia del consumo máximo de oxígeno que mostró diferencias significativas entre grupos, siendo superior en el expuesto. El grupo expuesto disminuyó la frecuencia cardíaca basal mientras que el control no presentó cambios. El consumo máximo de oxígeno mejoró gradualmente con HIIT, mientras que el grupo control primero mejoró y luego se mantuvo. Aunque en ambas variables no se detectaron diferencias entre grupos. En relación a la percepción subjetiva del esfuerzo, mostró un aumento gradual a lo largo del tiempo.

Palabras claves: Entrenamiento continuo. Entrenamiento interválico de alta intensidad. Capacidad aeróbica. Percepción subjetiva del esfuerzo. Frecuencia cardíaca basal.

## 1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día está demostrado que el ejercicio físico es un factor importante e imprescindible para la promoción de la salud. Por el contrario, la inactividad se asocia con la disminución de la calidad de vida, el incremento de padecer enfermedades y el riesgo de mortalidad (OMS ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2010).

Existe evidencia científica de que el ejercicio físico permite mantener o mejorar la condición física y la capacidad funcional del organismo (RODRÍGUEZ, 1995). Desde el punto de vista físico, mejora las funciones cardiorrespiratorias, la salud cardiorrespiratoria (reduce el riesgo de cardiopatía coronaria, enfermedades cardiovasculares, accidente cerebrovascular, y de hipertensión), la salud metabólica (reduce el riesgo de diabetes tipo 2 y de síndrome metabólico), la osteoporosis, la fuerza muscular; además, permite desarrollar las tareas cotidianas y actividades deportivas. Desde el punto de vista psicológico, reduce el riesgo de tener depresión. Dichos efectos dependen de la intensidad, duración, frecuencia y volumen del entrenamiento (DIEHL; CHOI, 2008).

Se pueden distinguir dos tipos de condición física: una relacionada con la salud, determinada por la resistencia cardiorrespiratoria, la fuerza, la resistencia muscular, la flexibilidad y la composición corporal; otra relacionada con el rendimiento, determinada por los factores de la salud más la coordinación, la potencia, la velocidad y el equilibrio (DELGADO, GUTIÉRREZ Y CASTILLO, 2007).

Los autores, Abellán, Sainz y Ortín (2014, p. 46) afirman: “Una buena capacidad cardiorrespiratoria física o fitness cardiorrespiratorio, es sinónimo de buena condición física y constituye el indicador fisiológico más importante para la salud y forma física del individuo”, la cual es medible según el VO<sub>2</sub> máx. Por esta razón, el objetivo principal en la prescripción del ejercicio para la población en general es la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria.

Las mejoras fisiológicas y de rendimiento obtenidas en el ámbito deportivo con el Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad, (HIIT, *High-Intensity Interval Training*), ha llamado recientemente la atención de la comunidad científica para aplicarlo en la población no atleta (LAURSEN; JENKINS, 2002; BONILLA; MORENO, 2010; MANCILLA *et al.*, 2014; BOUTCHER, 2011; SMART, DIEBERG Y GIALLAURIA, 2013; WESTON, WISLØFF Y COOMBES, 2014; GIST *et al.*, 2013; KLIKA; JORDAN, 2013).

A nivel internacional se consideran, a continuación, los principales antecedentes de esta investigación.

Cuadrado (2010) en su tesis doctoral estudió la influencia de la intensidad del entrenamiento sobre variables de control de la carga interna en deportes colectivos. Los resultados mostraron que la utilización en conjunto de la frecuencia cardíaca y la percepción subjetiva del esfuerzo, como indicadores, pueden ser de mucha utilidad para el control diario de la carga.

Kessler, Sisson y Short (2012), en su revisión no sistemática, concluyeron que los programas HIIT pueden alcanzar beneficios en la salud cardiovascular, iguales o mejores que los programas tradicionales continuos de moderada intensidad y alto volumen, en sujetos saludables y en pacientes con enfermedades cardiometabólicas. Observan estos efectos a partir de las ocho a doce semanas de aplicación del método.

Guiraud *et al.*, (2012), en su revisión no sistemática, indicaron que en la actualidad existe creciente evidencia científica de que la alta intensidad de esta modalidad aumenta el estímulo de entrenamiento, resultando segura y eficaz en sujetos con una amplia gama de disfunciones cardíacas y metabólicas.

A nivel nacional, en su tesina Parodi (2014) estudió durante tres meses, en mujeres adultas con sobrepeso y obesidad, el efecto de un programa de ejercicio HIIT, fuerza-resistencia y de flexibilidad, en conjunto a un plan nutricional individualizado. El programa resultó efectivo según parámetros antropométricos en la reducción de masa grasa a mediano plazo, mientras que las mejoras en la resistencia cardiovascular y fuerza-resistencia no fueron significativas.

La presente investigación, se centró en la respuesta individual del organismo frente a un plan de Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad, en concreto, sobre los posibles efectos en el sistema cardiorrespiratorio y en la percepción subjetiva del esfuerzo, en personas adultas jóvenes sanas de ambos sexos, que practican ejercicio físico de manera regular.

Existen numerosas investigaciones sobre HIIT a nivel internacional y en un menor número a nivel nacional, aplicadas en su mayoría a deportes específicos (natación, fútbol, ciclismo, atletismo) y, en menor grado, al entrenamiento general en población sana.

Así surge la necesidad de realizar el presente estudio, ya que a nivel nacional puede significar un insumo para los especialistas en Educación Física que trabajan con público de estas características en clases grupales o individuales, resultando una alternativa a los métodos continuos para la mejora de la capacidad cardiovascular.

## 1.1 PUNTO DE PARTIDA DE LA INVESTIGACIÓN

¿En qué medida el entrenamiento interválico de alta intensidad mejora los parámetros fisiológicos en comparación con uno continuo de moderada intensidad?

¿Qué influencias tiene sobre los parámetros subjetivos del esfuerzo?

## 1.2 OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre parámetros fisiológicos cardiorrespiratorios y subjetivos del esfuerzo en un grupo de adultos jóvenes sanos.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

- Describir los cambios en el consumo máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca basal, antes, durante y después de implementar el entrenamiento interválico de alta intensidad.
- Describir el porcentaje de ganancia del consumo máximo de oxígeno entre el inicio y la finalización de ocho semanas de implementación del programa mencionado.
- Describir la percepción subjetiva del esfuerzo luego de la aplicación del entrenamiento interválico de alta intensidad.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 ENTRENAMIENTO

El concepto de entrenamiento deportivo se puede entender según Matveev (1985, p. 24) como "(...) la forma fundamental de preparación del deportista, basada en ejercicios sistemáticos y la cual representa en esencia, un proceso organizado pedagógicamente con el objetivo de dirigir la evolución del deportista (su perfeccionamiento deportivo)".

Platonov (1999, p. 10) señala: "El entrenamiento deportivo comprende el conjunto de tareas que aseguran una buena salud, una educación, un desarrollo físico armonioso, un dominio técnico y táctico y un alto nivel de desarrollo de las cualidades específicas". El mismo determina transformaciones morfológicas y funcionales múltiples. Según esta definición, el objetivo del entrenamiento no sólo incluye la mejora del rendimiento deportivo y de la salud, también implica la trasmisión de conocimientos teóricos y prácticos mediante las ejercitaciones. El autor distingue dos tipos de entrenamiento: uno general con ejercicios que mejoran la salud y aumentan la capacidad funcional y otro específico orientado al perfeccionamiento de una actividad deportiva.

Por su parte, Weineck (2005) agrega que el entrenamiento va a provocar en el deportista cambios, psicofísicos y cognitivos. Wilmore y Costill (2007, p. 409) refuerzan el concepto de entrenamiento progresivo "(...) conforme el cuerpo se adapta al estímulo actual".

De lo expuesto anteriormente, se concluye que no existe una definición única de entrenamiento deportivo. Lo que hay es un conjunto de conceptos que destacan un programa planificado de duración prolongada, de mejora psicofísica y pedagógica, basado en un estímulo progresivo para el desarrollo de la capacidad adaptativa del cuerpo humano. Este programa debe contemplar una evaluación continua del proceso, que permita alcanzar una mejora psicofísica cualitativa y cuantitativa. La presente investigación también se apoya en el concepto de entrenamiento para la salud y el *fitness* que a continuación se desarrolla.

El entrenamiento orientado a promover la salud, es básico para prevenir enfermedades y mejorar aspectos físicos, psicológicos y sociales, mientras que, el del *Fitness* está dirigido principalmente a mejorar el rendimiento físico. Según los objetivos se puede hacer énfasis en uno o en los dos. En general el entrenamiento para el *fitness* y la salud puede mejorar la plasticidad del sistema nervioso central (mediante las capacidades coordinativas), el rendimiento de resistencia, la capacidad y función cardiorrespiratoria, la fuerza y prevenir enfermedades cardiometabólicas (DIETRICH, KLAUS Y KLAUS, 2001).

Interpretando a los autores los sujetos con un estilo de vida sedentario pueden beneficiarse del de la salud y los activos de ambos.

Según las referencias consultadas, el modo HIIT empleado en la presente investigación está orientado a mejorar la capacidad funcional y la salud del individuo, en poco tiempo y con bajo volumen de entrenamiento. Se fomentó la ejecución técnica correcta, para prevenir lesiones y garantizar el ahorro de esfuerzo. Esto tiene una incidencia positiva en la vida cotidiana del sujeto, que será más eficiente y mejorará su calidad.

## 2.2 CARGA DE ENTRENAMIENTO

Los autores González Badillo y Ribas Serna (2002, p. 127) entienden por carga de entrenamiento: "(...) el conjunto de exigencias biológicas y psicológicas (carga real, llamada generalmente carga interna) provocadas por las actividades de entrenamiento (carga propuesta, llamada generalmente carga externa)". Con apoyo en Vargas (2007), se puede decir que la carga interna de entrenamiento es la reacción biológica del organismo frente a la carga externa que a su vez provoca la interna. Estos autores, además de Platonov (2001), clasifican la carga de entrenamiento en:

- Carga interna: Es la respuesta del organismo frente al ejercicio. Se puede reflejar mediante parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, concentración de lactato en sangre, consumo de oxígeno) y psicológicos (percepción subjetiva del esfuerzo).
- Carga externa: Son las actividades realizadas por los sujetos. Se halla cuantitativamente mediante los componentes de la carga (tiempo, número de repeticiones, series o ejercicios, entre otros).

La carga total de entrenamiento está formada por cinco componentes, que se condicionan mutuamente y determinan su magnitud. Estos son la frecuencia (número de sesiones por día o semana), el volumen, la intensidad, la duración (cantidad de tiempo de aplicación del estímulo en segundos, minutos y horas, por sesión) y la densidad (relación entre carga y recuperación) (VARGAS, 2007). Por su parte, Weineck (2005) agrega a este concepto que el volumen, la frecuencia y la duración representan la medida cuantitativa de la carga mientras que la densidad e intensidad muestran el aspecto cualitativo; todos se deben considerar importantes para que la carga resulte efectiva. Los autores señalan que los estímulos deben ser óptimos para que haya adaptación en el organismo y también requieren de variación. A su vez, argumentan que la carga óptima para un sujeto puede ser negativa para otro.

A su vez, Bompa y Cornacchia (2010, p. 37) definen el volumen: "Es la cantidad de trabajo realizado (...)". Según sea el entrenamiento, éste puede cuantificarse en tiempo, distancia (metros, kilómetros, entre otros), número de ejercicios, series o repeticiones. Dichos autores definen la intensidad como el porcentaje de la capacidad máxima del ejercicio, que representa la presión fisiológica bajo el cual se somete el sujeto (BOMPA; CORNACCHIA, 2010).

Se puede concluir, según los autores consultados, que la carga interna de entrenamiento es más compleja de controlar e interpretar que la carga externa. Teniendo en cuenta los componentes de la carga (cuantitativos y cualitativos) y realizando su respectivo control en el programa de entrenamiento, se pueden lograr adaptaciones en el organismo que mejoren la salud y el rendimiento físico del sujeto.

La presente investigación se centró en cuantificar y analizar la carga interna de entrenamiento. Para ello, se utilizaron indicadores biológicos como el volumen máximo de oxígeno estimado, la frecuencia cardíaca basal, la frecuencia cardíaca máxima e indicadores subjetivos como la percepción subjetiva del esfuerzo, por ser todos ellos de fácil aplicación, medición, accesibles y reproducibles. A continuación se desarrollan los indicadores más utilizados para su cuantificación.

### 2.2.1 Parámetros Fisiológicos y Subjetivos para Medir Esfuerzos

Para estimar y controlar la intensidad del ejercicio Buceta (1998) agrupa los indicadores de las demandas fisiológicas en:

- Subjetiva realizada por el entrenador y por el deportista.
- Objetiva realizada con parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, lactato y consumo de oxígeno).

Según Argemi (2014), la intensidad del ejercicio puede controlarse en términos absolutos (intensidad de carrera, nivel de intensidad energético) o relativos (porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima, frecuencia cardíaca máxima de reserva, porcentaje de consumo máximo de oxígeno y percepción del esfuerzo).

Es importante tener en cuenta las variaciones circadianas, registrando los parámetros fisiológicos en una misma hora del día y en las mismas condiciones, para que las alteraciones producidas a lo largo del día no afecten los parámetros a medir (MIRELLA, 2009).

En este caso de investigación, se utilizaron indicadores subjetivos, objetivos o absolutos y otros relativos. Se tuvieron en cuenta las variaciones circadianas tanto en el test como en los controles de intensidad durante las sesiones, registrando los datos en una misma hora del día, los mismos días y en las mismas condiciones.

A continuación se describen los parámetros objetivos, subjetivos y relativos, asociados a la presente investigación, más utilizados en el ámbito de la educación física y el deporte.

#### 2.2.1.1 Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca (FC) refleja el esfuerzo que debe hacer el corazón para satisfacer las demandas del organismo ante la actividad física. Es uno de los parámetros fisiológicos más sencillos de cuantificar y representativos de la intensidad del ejercicio, ya que existe una correlación entre los valores de la frecuencia cardíaca máxima (FCM) y el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ). Se expresa en latidos por minuto (lpm) y se puede medir de manera manual o digital, siendo esta última más fiable y objetiva. Normalmente decrece con la edad y está influenciada por el nivel de entrenamiento, el estado psicológico, la hora del día y por factores ambientales como la temperatura y la altitud (PANCORBO, 2012).

Los autores, Wilmore y Costill (2007) reconocen como una de las mediciones de mayor uso y representabilidad en Educación Física, la FC basal (FCB). Es la más relacionada con el grado de entrenamiento de la persona, se mide en la mañana, al levantarse, antes de realizar cualquier actividad y en total relajación. Según estos autores el promedio es de 60 a 80 lpm, en individuos sedentarios y de mediana edad puede superar los 100 lpm y en deportistas de resistencia oscila entre 28 - 40 lpm. Weineck (2005) aporta que el sujeto no entrenado tiene una FCB de 70 lpm.

Para medir la FCB, una técnica sencilla consiste en colocar el dedo índice y medio en la carótida (sin presionar de forma excesiva) y contar los latidos durante 15 segundos, luego se multiplica por cuatro el valor (ARAGÓN; FERNÁNDEZ, 1995).

Una vez iniciado el ejercicio, la FC aumenta de manera directamente proporcional al incremento de la intensidad hasta llegar a la FCM; esta medida es muy fiable y solo presentará cambios ligeros de año a año. Se puede definir como la más alta por minuto durante un ejercicio intenso hasta el agotamiento (COLADO, 2004). Weineck (2005) agrega que el nivel de aptitud física influye en la FCM, el sujeto entrenado en resistencia puede mantenerla por más tiempo que el no entrenado. Este autor como también Pancorbo (2012) explican que mediante el entrenamiento se pueden observar adaptaciones en este parámetro, pues, con una menor FCM el sujeto logra realizar por más tiempo ejercicio intenso.

En este sentido, Bouzas, Ottoline y Delgado (2010) explican la importancia de la FCM y de su individualización para la prescripción del ejercicio y la prevención de enfermedades (cardiometabólicas), pues, la FC estable informa sobre la eficacia del corazón (FC menor refleja un corazón más eficaz), el estado de sobreentrenamiento, permite calcular el gasto energético y estimar umbrales metabólicos durante una prueba máxima.

Para determinar la FCM, Pancorbo (2012) afirma que una forma directa es en una prueba de esfuerzo máximo en condiciones de laboratorio o en una prueba máxima de campo, también puede estimarse en base a una ecuación predictiva.

De las ecuación específicas de predicción de la FCM, según el nivel de capacidad física y la edad, aplicable para hombres y mujeres adultos, sanos sin medicación y no fumadores, se destaca la propuesta por Tanaka, Monahan y Seals (2001):  $FCM = 208 - 0,7 \times \text{edad}$ .

Dentro de las aplicaciones de la FCM para la prescripción del ejercicio, se destaca el control de la intensidad por medio del porcentaje de la FCM (% FCM). Primero se determina la FCM y luego se multiplica por el porcentaje de entrenamiento deseado. Es una forma fácil de obtener la FC de entrenamiento (FCE) que brinda valores mínimos y máximos para trabajar dentro del rango más adecuado (ARGEMI, 2014). A medida que el sujeto mejora el acondicionamiento se debe aumentar la intensidad para llegar a la misma FCE (WILMORE; COSTILL, 2007).

Por último, al finalizar el ejercicio, la FC vuelve lentamente a la FC de reposo; a este período se le llama FC de recuperación, el cual se acorta con el entrenamiento. Su valor puede usarse como un índice del *fitness* cardiorrespiratorio, adecuado para seguir el progreso del sujeto en el entrenamiento (WILMORE; COSTILL, 2007).

En la presente investigación, se midió la FCB de forma manual, se utilizó la fórmula de Tanaka, Monahan y Seals (2001) para calcular la FCM de cada sujeto, se calculó el porcentaje de la FCM para determinar la FCE, se monitorizó la FC real para controlar la intensidad durante las sesiones de trabajo y durante las evaluaciones.

#### 2.2.1.2 Volumen máximo de oxígeno

El volumen máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{máx.}}$ ) según Wilmore y Costill (2007, p. 297) “(...) se define como el ritmo más alto de consumo de oxígeno alcanzable durante la realización de ejercicios máximos o agotadores”. Es el punto meseta donde por más que aumente la intensidad del ejercicio, este no se incrementará o disminuirá. El  $VO_{2\text{máx.}}$  se utiliza para medir de forma eficaz la resistencia cardiorrespiratoria (WILMORE; COSTILL, 2007). A esta definición, Argemi (2014) agrega que es la máxima cantidad de oxígeno que el torrente sanguíneo puede transportar en un minuto.

Los autores, Abellán, Sainz y Ortín (2014, p. 47) señalan: “El consumo máximo de oxígeno es un parámetro de referencia para valorar el nivel de rendimiento y un marcador del nivel de salud”, cuanto mayor VO<sub>2</sub>máx., mayor capacidad cardiorrespiratoria. En sujetos sanos el entrenamiento puede aumentar el VO<sub>2</sub>máx., esto se refleja, en la capacidad del sujeto de mantener por mayor tiempo cierto porcentaje de VO<sub>2</sub>máx. durante el ejercicio intenso (PANCORBO, 2012). Estos autores aconsejan para ver la evolución de un entrenamiento, calcular la diferencia entre dos momentos de VO<sub>2</sub>máx. y se expresa en porcentaje de ganancia de VO<sub>2</sub> máx.

En este sentido, la mayoría de los estudios sugieren que el entrenamiento interválico de alta intensidad tiene un impacto significativo en el porcentaje de ganancia de VO<sub>2</sub> máx. a partir de las dos semanas de implementación del método, en sujetos adultos jóvenes sanos (BOUTCHER, 2011) y en pacientes con enfermedades cardiometabólicas (WESTON, WISLØFF Y COOMBS, 2014).

Una aplicación del VO<sub>2</sub> es para valorar el esfuerzo mediante un test de laboratorio con analizador de gases (tiene más precisión y reproducibilidad) o de forma estimada en un test de campo de potencia aeróbica; esta forma es más sencilla, económica y no invasiva (WILMORE; COSTILL, 2007). Vargas (2007) agrega que los test a utilizar deben ser similares a las características del deporte y al entrenamiento que se ha realizado.

Para obtener una medida exacta de la capacidad de realizar ejercicio intermitente y del rendimiento Bangsbo, Iaia y Krusturup (2008) plantean el Yo-Yo test de recuperación intermitente. Distinguen dos niveles de dificultad, uno evalúa la capacidad de realizar ejercicio intermitente, tiene una máxima contribución del sistema aeróbico, es indicado para una categoría recreativa, se inicia en 10 Km/h (14,5 seg. para ir y volver). El nivel dos evalúa la capacidad de recuperación, tiene una alta contribución del sistema anaeróbico, es indicado para deportistas de élite y la velocidad inicial es de 13 km/h.

Estos autores (BANGSBO, IAIA Y KRUSTURUP 2008) plantean la estimación del VO<sub>2</sub> máx. a partir de la distancia recorrida en el test según el nivel de ejecución:

- Para el nivel 1: VO<sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) = distancia Yo-Yo Test (m) x 0.0084 + 36,4
- Para el nivel 2: VO<sub>2</sub> máx. (ml/min.kg)= distancia Yo-Yo Test (m) x 0.0136 + 45,3

Según estos autores, también sirve para prescribir el ejercicio, ver los cambios en el rendimiento o el efecto del entrenamiento, realizándolo antes y después. Permite evaluar la FC real durante el test con el uso de pulsómetros (BANGSBO, IAIA Y KRUSTURUP, 2008).

El test consiste en realizar carreras de ida y vuelta (20 x 20 m), la distancia es marcada por dos líneas, la velocidad es definida por una señal sonora que indica cuándo salir, llegar a tocar la línea, volver y frenar. Tiene pausa activa de 10 segundos (carrera lenta) cada 40 metros, esta zona va desde la línea de salida a un cono situado a 5 metros (BANGSBO, 2008).

Mirella (2009) agrega: es un test progresivo (la velocidad aumenta por min.), incrementa su dificultad en el tiempo, se convierte en anaeróbico y es máximo, finaliza cuando el sujeto no llega a cubrir por dos veces la distancia y el resultado son los metros cubiertos. El test debe ser experimentado por los sujetos previamente, evitando errores de ejecución y facilitando su realización en otras oportunidades.

A modo de resumen y en relación a la presente investigación, se considera al Yo-Yo test de recuperación intermitente una prueba de campo indirecta, fiable, eficaz y fácil de realizar, para evaluar la capacidad de las personas para hacer ejercicio intenso repetido y mediante la utilización de pulsómetros informar sobre la FC real. Presenta características intermitentes similares al ejercicio HIIT, al alternar períodos de trabajo con recuperación. Es importante que el sujeto experimente el test previamente a ser evaluado. Por ello, antes de iniciar las pruebas se practicó.

### 2.2.1.3 Escala de percepción subjetiva del esfuerzo

La Escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo (PSE) es un método psicofisiológico para cuantificar la carga interna de entrenamiento, ofreciendo información similar a las respuestas fisiológicas. Consiste en asignarle un valor numérico al esfuerzo según la intensidad que supone el ejercicio (BORG, 1982). Wilmore y Costill (2007) suman su implementación para controlar y ajustar la intensidad de las sesiones cuando no se cuenta con indicadores objetivos o como complemento de los mismos. Robertson *et al.* (2003) aconseja, un período de adaptación y aprendizaje para evitar que el sujeto exagere o subestime su apreciación. Cuadrado (2010) aplicó 4 semanas y las consideró suficientes.

Las escalas más utilizadas en el ámbito deportivo son la escala original, cuyos valores van de 6 a 20 puntos y la modificada, que oscila de 0 a 10 puntos (tabla 1), las dos son planteadas por Borg (1982). En Ambas el puntaje mínimo corresponde a la ausencia de esfuerzo. Las dos son válidas y pueden usarse en entrenamiento continuo o intermitente (BORG, 1982). Moya (2004) explica que la segunda es más sencilla de utilizar y permite establecer relación con indicadores objetivos. Buceta (1998) propone una supuesta equivalencia entre las dos escalas y otros parámetros de medición (tabla 2).

En cuanto la forma de aplicación de las escalas, Comyns y Flanagan(2013) consideran importante lograr una valoración global del entrenamiento y no solo de la última parte, para ello, plantean indicar la PSE a los 30 min. de finalizar el ejercicio. Otra forma es por partes (entrada en calor, parte central o vuelta a la calma) obteniendo la carga de la sesión por sumatoria.

Con respecto a la modalidad de ejercicio HIIT, Buchheit y Laursen (2013) consideran la FC como único indicador para el control de la intensidad de trabajo, aunque tiene limitaciones: no puede informar fielmente de la intensidad de trabajo cuando son cortos los intervalos (< 30 seg.) o de media duración (1 – 2 min.), pues hay un retraso de la respuesta cardíaca en relación al VO<sub>2</sub> máx. Lo mismo sucede con los períodos de recuperación donde puede ser sobreestimada la carga fisiológica. Estos autores, aconsejan el uso de la escala de PSE como indicador de la intensidad de los esfuerzos HIIT, con resultados más útiles y fiables que la FC.

En este caso de investigación, se utilizó la escala modificada como complemento del método objetivo (FC) para el control de la intensidad durante las sesiones de entrenamiento. Es importante que el sujeto experimente la sensación de estar en su máxima intensidad previa a la toma de los datos. Por ello, en el presente estudio, 4 semanas antes de iniciar el plan de entrenamiento se practicaron ejercicios con diferentes intensidades con sus respectivas equivalencias según la escala de 0-10 puntos; también se consideró que el Yo-Yo Test brindaba esa posibilidad.

En resumen, según los autores citados, cualquier escala que se utilice resulta una herramienta de evaluación subjetiva, no costosa y fiable para controlar la intensidad. Además permite un *feedback*, fortalece la percepción de autocontrol y aporta información valiosa.

Tabla 1: Valor de la PSE de 0 a 10.  
Fuente: Adaptación y traducción de Borg (1982).

Escala	Concepto
0	Ningún esfuerzo
0,5	Extremadamente débil
1	Muy débil
2	Débil
3	Moderado
4	Algo duro
5	duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Muy muy duro

Tabla 2: Hipotética equivalencia entre cuatro medidas de intensidad.  
Fuente: Buceta (1998).

Escala de Esfuerzo percibido de Borg		Equivalencia aproximada en pulsaciones por minuto	Grado de intensidad del esfuerzo (% de la capacidad máxima posible)	Equivalencia de una escala de esfuerzo percibido de 0-10 puntos
6		60-80	10	0
7	Muy, muy suave	70-90		1
8		80-100	20	2
9	Muy suave	90-110		
10		100-120	30	3
11	Bastante suave	110-130		
12		120-140	40	4
13	Algo duro	130-150	50	5
14		140-160	60	6
15	Duro	150-170	70	7
16		160-180		
17	Muy Duro	170-190	80	8
18		180-200	90	9
19	Muy, muy duro	190-210	100	10
20		200-220		

## 2.3 RESISTENCIA

### 2.3.1 Concepto

Existen diversas definiciones de la resistencia. Según Weineck (2005, p. 131) es "(...) la capacidad del deportista para soportar la fatiga psicofísica". Wilmore y Costill (2007) como también De Hegedüs (1996) agregan a esta definición, la capacidad de resistir una actividad relativamente prolongada. Argemi (2014) señala que típicamente se relacionaba a trabajos continuos de alto volumen y baja intensidad y de larga duración.

Se considera que estas definiciones se adaptan a las características del caso de investigación, donde los sujetos serán sometidos a determinados esfuerzos durante un tiempo determinado siendo capaces de soportar la fatiga tanto física como psicológica.

### 2.3.2 Clasificación

Dependiendo del punto de vista según gran variedad de autores hay diferentes maneras de clasificar la resistencia. A continuación se citarán algunos de ellos.

La resistencia puede subdividirse en muscular y cardiorrespiratoria. La primera es "(...) la capacidad de un músculo o de un grupo muscular para sostener ejercicios de alta intensidad, repetitivos o estáticos" (WILMORE; COSTILL, 2007, p. 297); el esfuerzo dura 2 minutos máximo. La resistencia cardiorrespiratoria es la capacidad del sistema circulatorio y respiratorio de suministrar oxígeno para realizar actividades prolongadas y recuperarse con rapidez (WILMORE; COSTILL, 2007).

Interpretando a dichos autores, la resistencia cardiorrespiratoria se vincula con la clasificación de resistencia de larga duración y el desarrollo aeróbico, mientras que, la muscular se relaciona con la resistencia de corta duración y el desarrollo anaeróbico que más adelante se desarrollan.

Según Delavier (2004), algunos ejercicios de resistencia muscular corresponden a sentadillas, extensión de antebrazos, flexión de brazos, peso muerto, extensión de tronco, buenos días, *lunges*, *crunch*, flexión lateral de tronco, entre otros; con sus variantes de ejecución (alta intensidad, repetitivos o estáticos) y con diversos materiales (barra, mancuernas, discos, propio peso, bandas). Mencionan también actividades de resistencia cardiorrespiratoria como el simulador de remo, subir y bajar un cajón, saltar la cuerda, skipping, trabajos coordinativos en escalera, entre otros. Heyward (2008) agrega como ejercicios aeróbicos el caminar, correr, natación y ciclismo.

Dependiendo del objetivo que se pretenda alcanzar y de la población a la cual esté dirigido el entrenamiento Weineck (2005) distingue varios tipos de resistencia, entre las cuales se destaca:

Según el porcentaje muscular involucrado:

- Resistencia local: Utiliza menos de una séptima parte de la masa muscular total, está limitada principalmente por la capacidad anaeróbica y la resistencia general.
- Resistencia general: Involucra más de una sexta parte del total de la masa muscular. Se caracteriza por el aumento de la capacidad cardiovascular y está limitada principalmente por la misma.

Según la utilización de la vía energética predominante durante el entrenamiento:

- Resistencia aeróbica: El oxígeno es suficiente para la combustión oxidativa.
- Resistencia anaeróbica: El oxígeno es insuficiente.

Según la duración del entrenamiento:

- Resistencia de corta duración: Implica esfuerzos máximos de 45 segundos a 2 minutos. Predomina el suministro de energía anaeróbico
- Resistencia de mediana duración: La duración de la carga es de 2 segundos a 8 minutos. Comienza a utilizarse el suministro de energía aeróbico.
- Resistencia de larga duración: La duración de la carga es mayor a 8 minutos. Es predominantemente aeróbico.

Argemi (2014) considera como entrenamiento aeróbico a todo esfuerzo por debajo del  $VO_{2max}$ , mientras que el concepto de aeróbico o anaeróbico solo hace referencia a la intensidad del estímulo (baja o alta).

Para observar con mayor detalle el escenario del entrenamiento orientado a la mejora de la calidad de vida y la salud, a continuación se habla del Entrenamiento Funcional (EF).

Heyward (2008) se refiere al EF multiarticular y multiplanar (frontal, sagital y transversal) en lugar del clásico ejercicio aislado en un solo plano y con mucho peso. Consiste en realizar actividades que se pueden transferir a la vida cotidiana y al deporte, pues requieren el trabajo de grupos musculares en cadena como correr, empujar, traer, rotar, saltar para pasar obstáculos, subir y bajar escaleras. En general, las propuestas incluyen ejercicios de fuerza, equilibrio, propiocepción, agilidad y coordinación; se puede utilizar el propio peso y diferentes materiales (banda, pelota, cuerda, superficie inestable, entre otros).

En la presente investigación se trabaja con ambos tipos de resistencia (muscular y cardiorrespiratoria), no se realizan actividades con mucha carga ni monoarticulares. En particular se desarrollan ejercicios de características funcionales, en su mayoría involucran más de una sexta o séptima parte de la musculatura esquelética total, predomina la resistencia general con contribución de energía glucolítica anaeróbica. Por ello, a continuación se detallan sus beneficios.

### 2.3.3 Beneficios del Entrenamiento de Resistencia Aeróbica

Actualmente son varios los estudios e investigaciones que demuestran los beneficios del ejercicio aeróbico y cada vez son más los sujetos y sectores sociales que realizan esta actividad. Desde el punto de vista fisiológico este entrenamiento produce adaptaciones funcionales y estructurales como, la mejora del volumen sistólico, volumen minuto cardíaco y capacidad de VO<sub>2</sub> máx., también aumenta el volumen sanguíneo y la capilarización de los músculos activos, esto conlleva a un aumento en el tamaño del corazón (COLADO, 2004). Weineck (2005) agrega a lo expuesto:

- Retarda la aparición de la fatiga, permite mayor duración del trabajo a una determinada intensidad y mejora la capacidad de rendimiento físico. Se condicionan mutuamente rendimiento y resistencia.
- Mejora y extiende la capacidad del sujeto para tolerar el lactato.
- Acelera la capacidad de recuperación después del esfuerzo, eliminando más rápido las sustancias producidas.
- Reduce la posibilidad de lesión, activa el sistema reflejo para la protección de músculos y tendones.
- Aumenta la resistencia y la estabilidad psíquica ante el estrés.
- Mantiene la velocidad de reacción y acción debido a una mejor recuperación, menor acumulación de sustancias y al sistema nervioso central que se encuentra por más tiempo sin restricciones, pudiendo responder rápido a diferentes situaciones.
- Previene enfermedades cardiovasculares, mejora el sistema inmunitario y la salud.

## 2.4 MÉTODOS DE ENTRENAMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA RESISTENCIA

### 2.4.1 Concepto

Se entiende a los métodos de entrenamiento como procedimientos planificados que determinan los medios en función de los objetivos y de las características de la población a la cual vaya dirigido. Se consideran una herramienta fundamental para el entrenador a fin de influir sobre el organismo del deportista y de obtener determinados resultados (Vasconcelos, 2000).

Weineck (2005) considera dos principios fundamentales: el continuo y el intervalado. El ejercicio aeróbico continuo se caracteriza por la ausencia de interrupciones, varía desde intensidad suave o moderada y larga duración (1 - 2 horas) hasta alta y menor tiempo (15 - 30 min.), mientras que en el intervalado hay períodos de pausa y en ellos se dan las adaptaciones a nivel cardiorrespiratorio.

Por su parte, De Hegedüs (1996); Christmass *et al.* (2001); Bangsbo (2008) como también Argemi (2014) suman el principio intermitente, caracterizado por períodos muy breves (6 - 20 seg.), frecuentes e irregulares de trabajo intenso (90 - 110% de la velocidad aeróbica máxima) seguidos por períodos de recuperación incompleta. A diferencia del método continuo, las respuestas fisiológicas varían de gran forma y permite mayor volumen de trabajo y de reclutamiento de fibras rápidas.

Para observar con mayor detalle este escenario, se desarrollarán los métodos de entrenamiento más relacionados con la presente investigación según diversos autores.

### 2.4.2 Clasificación

Según la perspectiva de diferentes autores, se desarrollan a continuación los métodos de entrenamiento más relacionados con la presente investigación.

Weineck (2005) clasifica el método de entrenamiento interválico en extensivo e intensivo (Tabla 7). Indica que sus efectos dejan de actuar a partir de los cinco a ocho minutos de duración del estímulo. Wilmore y Costill (2007) postulan que tradicionalmente fue utilizado para mejorar la capacidad anaeróbica, pero también puede desarrollar la capacidad aeróbica. Según estos autores comprende series repetidas y breves de alta intensidad con intervalos cortos de recuperación. La pausa incompleta da a los músculos un respiro y permite un trabajo prevalentemente aeróbico con poca intervención del sistema glucolítico y logra los mismos beneficios aeróbicos que el método continuo (Tabla 8). Requiere bajo volumen para que haya adaptación.

Tabla 3: Características del método interválico.  
Fuente: Elaboración propia según datos de Weineck (2005).

Característica	MÉTODO INTERVÁLICO	
	Intensivo	Extensivo
Volumen	Bajo (1 - 4 min.)	Alto (más de 4 min.)
Intensidad	Alta	Baja
Metabolismo	Predominantemente anaeróbico.	Predominantemente aeróbico.
Pausa	Activa e incompleta entre ejercicios hasta llegar a 120-140 latidos/min.	
Duración o pausa	Según el estado de entrenamiento puede ser proporcional o menor al tiempo de trabajo.	
Pausa sujeto entrenado	La FC baja notoriamente entre ejercicios. Ejemplo, trotar.	
Pausa sujeto no entrenado	No es tan notoria la baja de la FC. Ejemplo, caminar.	
Efecto	Hipertrofia del músculo cardíaco, aumenta el rendimiento cardíaco y la capacidad de resistencia.	

Tabla 4: Características del método intervalado.  
Fuente: Elaboración propia según datos de Wilmore y Costill (2007).

Característica	MÉTODO INTERVÁLICO
Volumen	Breve (30 seg. a 5 min.).
Intensidad	Alta
Pausa	Corta, incompleta entre las series (5 a 15 seg.).
Metabolismo	Predomina el sistema aeróbico sobre el glucolítico productor de lactato.
Pausa sujeto entrenado	La FC baja notoriamente entre ejercicios.
Pausa sujeto no entrenado	No es tan notoria la baja de la FC.
Resultado	Beneficios aeróbicos.

Por su parte, Bangsbo (2008) incorpora el método intermitente como una variable del interválico. El entrenamiento aeróbico vigoroso, permite aumentar la capacidad de hacer ejercicio a alta intensidad durante períodos más largos e incrementa la capacidad de recuperación. En este sentido, el autor plantea el ejercicio intermitente de alta intensidad y algunas de sus variantes:

- La duración del ejercicio y del descanso: 10 o 15 segundos de trabajo intenso, 10 o 15 segundos de descanso (10 x 10 o 15 x 15). Si los períodos de trabajo duran más de 1 minuto, los períodos de descanso deben ser más breves. Cuanto más corto el período de ejercicio, mayor debe ser su intensidad. Propone el cambio de las normas durante el ejercicio con el fin de aumentar o reducir su intensidad.
- La intensidad del ejercicio varía de forma natural según las acciones que se realicen.

En la profundización sobre el tema, Rodríguez y Argemi (2014) se refieren al método intermitente para la salud en población no atleta porque permite trabajar a alta intensidad con bajos niveles de lactato sin riesgo cardiovascular, no provoca gran fatiga intraesfuerzo y favorece una buena técnica de ejecución sin cansancio. Recomiendan iniciar con 10 x 10 segundos en bloques de 4 a 6 minutos, luego pasar a bloques más largos de 15 x 15 segundos, aumentando la intensidad mediante la velocidad. Aconsejan trabajar grandes grupos musculares que produzcan aumento de la FC y ejercicio general cardiovascular.

Los datos indican que el ejercicio intermitente puede ubicarse dentro del principio intervalado, como una variable del mismo. A diferencia del intervalado, tanto los esfuerzos como las pausas son más cortas y la intensidad del ejercicio alcanza valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

Se puede, por tanto, relacionar la modalidad de ejercicio HIIT con el principio intervalado e intermitente. Con mayor detalle, se pueden asociar los intervalos cortos de HIIT con el interválico intensivo o intermitente, y los protocolos medios y largos, con el extensivo.

## 2.5 ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD

### 2.5.1 Reseña Histórica

Los primeros estudios sobre los efectos fisiológicos de HIIT surgen en la década del sesenta con Astrand *et al.* (1960). Los autores evidenciaron que el ejercicio de elevada intensidad no se podía mantener de forma continua por muchos minutos, pero realizados en forma intermitente permitían incrementar el volumen total de trabajo con niveles más bajos de lactato. Señalaban que la intensidad del ejercicio no debía ser máxima para obtener el  $VO_{2m\acute{a}x}$ .

Este método fue utilizado durante varias décadas por deportistas y entrenadores de diferentes disciplinas para mejorar el rendimiento en resistencia (RIUS, 2005), sumado a los beneficios en la función metabólica, cardiorrespiratoria y muscular (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013). Típicamente el HIIT no se prescribía para la población general, sin embargo, sus efectos despertaron el interés de científicos en aplicarlo para mejorar la salud de la población no atleta (activa recreativa, sana, sedentaria y con enfermedad cardiometabólica) (LAURSEN; JENKINS, 2002; GUIRAUD *et al.*, 2012; GIST *et al.*, 2013).

En la profundización sobre el tema, una de las principales cuestiones que se plantean ciertos autores es cuál es el método más adecuado para lograr esos efectos en la población. Para observar con mayor detalle este escenario, se pueden utilizar estudios en fisiología del ejercicio, los cuales han demostrado que HIIT con adecuado restablecimiento es seguro, eficaz y produce adaptaciones fisiológicas iguales o mejores en menor volumen de entrenamiento que los programas tradicionales, mejorando también, a largo plazo, la adherencia a la actividad (LAURSEN; JENKINS, 2002; BONILLA; MORENO, 2010; BOUTCHER, 2011; GUIRAUD *et al.*, 2012; GIBALA *et al.*, 2012; SMART, DIEBERG Y GIALLAURIA, 2013; GIST *et al.*, 2013; WESTON, WISLØFF Y COOMBES, 2014; MANCILLA *et al.*, 2014; CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015).

En el año 2011 el *American College of Sport Medicine* (ACSM), probablemente el organismo con mayor prestigio internacional en el ámbito de la actividad física y la salud, aconseja acumular en la semana 150 minutos de actividad moderada al 64 – 76% FCM y 75 minutos de trabajo vigoroso al 77 – 95% FCM. El objetivo es mantener un estado cardiorrespiratorio saludable en la población adulta sana, sedentaria y enferma. También recomienda 2 o 3 días no seguidos por semana de entrenamiento de resistencia, realizando entre 8 - 12 repeticiones a intensidad entre el 40 - 80% de una repetición máxima (GARBER *et al.* 2011).

El entrenamiento interválico de alta intensidad se ha utilizado para esfuerzos de características cíclicas como la carrera, el ciclismo, el remo y el nado (KESSLER, SISSON Y SHORT, 2012), actualmente se ha adaptado sumando a este el trabajo de resistencia muscular con el propio peso corporal, bandas y pliometría (CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015).

Usualmente, el entrenamiento de resistencia muscular era realizado por separado del aeróbico. El ACSM, aconseja integrarlos y suma el ejercicio neuromotor (equilibrio, agilidad, propiocepción y coordinación) para mejorar o mantener la condición física y la salud en adultos sanos (GARBER *et al.* 2011). Por esto, cada vez más, se aplica el entrenamiento funcional y las diferentes formas de HIIT en dicha población.

En este sentido, se puede utilizar el método interválico de alta intensidad con la forma organizativa en circuito de alta intensidad, también conocido como entrenamiento en circuito de alta Intensidad, *High-Intensity Circuit Training* (HICT).

Interpretando a los autores, HIIT resulta una alternativa a las prescripciones tradicionales de ejercicio continuo de alto volumen y baja intensidad. Se puede decir que su eficacia para mejorar los resultados de la salud en atletas recreativos (moderadamente activos), población sedentaria o enferma ha generado recientemente un nuevo interés.

## 2.5.2 Definición, Prescripción y Seguridad

El entrenamiento interválico de alta intensidad, en estudios anglosajones *High Intensity Interval Training* (HIIT/HIT) es un método de entrenamiento en el cual se intercalan esfuerzos repetidos de actividad vigorosa generalmente al 90% VO<sub>2</sub>máx. con tiempos de descanso o baja intensidad (CRESS; PORCARI Y FOSTER, 2015).

Los autores, Boutcher (2011), Gibala *et al.* (2012) como también Smart, Dieberg y Giallauria (2013) suman a esta definición la realización de breves períodos intermitentes a otros más largos de alta intensidad. Estas características lo diferencian del tradicional método continuo de moderada intensidad, con el cual fue comparado en varios estudios.

Kravitz (2014) como también Thompson (2015) explican que dicho entrenamiento se basa en sesiones periódicas breves (20 - 60 min.) que comprenden calentamiento, intervalos de trabajo y de recuperación breves y finaliza con una vuelta a la calma seguida por ejercicios de elongación. Típicamente la parte central de la clase tiene una duración menor a 30 minutos.

En la última década, HIIT demostró ser seguro y beneficioso para casi toda la población (con bajo riesgo o moderado según indicación médica). La amplia variedad de protocolos facilita su aplicación a todas las personas (diferentes edades y nivel de entrenamiento), sin embargo, requiere de investigación futura para establecer la intensidad, la duración y la frecuencia óptima para cada población (CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015).

El método HIIT puede clasificarse de diferentes formas según la perspectiva de varios autores. En todos los casos que a continuación se desarrollan, la diferencia se encuentra en la duración e intensidad de los intervalos. La elección dependerá de los objetivos y de las características de la población a la cual esté dirigido el entrenamiento.

Se pueden distinguir formatos de HIIT cortos de muy alta intensidad prevalentemente anaeróbicos como, el entrenamiento de intervalos de velocidad, *Sprint Interval Training* (SIT) y más largos de menor intensidad como, el entrenamiento intervalado aeróbico, *Aerobic Interval Training* (AIT). SIT consiste en 4 - 6 ciclos de 30 segundos intercalado con 4 minutos de recuperación, mientras que, AIT implica 4 - 6 ciclos de 4 minutos al 80 - 95% VO<sub>2</sub>máx. alternado por 3 - 4 minutos de recuperación (KESSLER, SISSON Y SHORT, 2012). Cress, Porcari y Foster (2015) consideran intensidades entre el 85 – 95% FCM.

Gibala *et al.* (2006) explican que SIT (250% VO<sub>2</sub> pico) es similar al AIT y al ECM, pues aumenta la actividad al máximo de las enzimas mitocondriales, reduce la utilización de glucógeno y la acumulación de lactato.

Los dos últimos estudios citados al igual que Boutcher (2011) y Gist *et al.* (2013) afirman que SIT es muy duro, por lo tanto inadecuado para la población con sobrepeso, sedentaria y clínica (WESTON, WISLØFF Y COOMBES, 2014), adecuado para gente joven y sana. En cambio AIT es seguro tanto para jóvenes sanos como para grupos de mayor riesgo.

Buchheit y Laursen (2013) distinguen intervalos cortos (< 45 seg.) a largos (2 - 4 min.). Consideran importante llegar al 90% VO<sub>2</sub>máx. para lograr adaptaciones cardiovasculares y periféricas. Agregan que el estímulo debe incluir trabajo cardiovascular, contribución de energía glucolítica anaeróbica y carga neuromuscular.

Según la población a la cual esté dirigido el entrenamiento y los objetivos que se persigan, Cress, Porcari y Foster (2015) clasifican el método HIIT en intervalos largos de 3 a 15 minutos, moderados de 1 a 3 minutos y cortos de 10 segundos a 1 minuto.

Boutcher (2011) distingue intervalos de trabajo (> 90% VO<sub>2</sub>máx.) y de pausa de 6 segundos a 4 minutos de duración. Kravitz (2014) reconoce períodos de trabajo ( $\geq$  80% FCM estimada) de 5 segundos a 8 minutos, intercalados con recuperación igual o menor a la duración del estímulo (si la pausa es activa al 40 - 50% FCM estimada).

Es importante la relación entre la duración del trabajo y de la pausa, la más utilizada en la población sana, recreativa, sedentaria y clínica es igual tiempo de estímulo que de recuperación, así como también, intervalos largos entre 3 – 5 minutos de menor intensidad (LAURSEN; JENKINS, 2002; LAURSEN, 2010; GUIRAUD *et al.*, 2012; KRAVITZ, 2014).

En este sentido, Gibala *et al.* (2012) recomienda intervalos largos con periodos de recuperación más cortos que el intervalo de trabajo.

Con referencia al tipo de pausa, Laursen y Jenkins (2002) evidencian que la recuperación activa facilita la remoción de lactato y permite su tolerancia por períodos más largos de trabajo. Toubekis *et al.* (2011) estudiaron las diferencias entre la recuperación pasiva y activa al 40% y al 60% de la velocidad individual de 100 metros en nado. Concluyen que la recuperación pasiva y la activa menor o igual al 40%, son significativamente más útil para la realización continua de series de trabajo HIIT. En población con enfermedad cardiovascular se recomienda pausa pasiva (Guiraud *et al.*, 2012). Según estos estudios si la pausa es pasiva tiene menos duración que si es activa. Un ejemplo de intervalo largo puede ser 4 minutos de trabajo intercalado con 2 minutos de inactividad o 5 minutos si es pausa activa.

En referencia a la PSE, la actividad vigorosa (64 – 90 VO<sub>2</sub> máx.) puede adquirir valores entre 14 – 17 (Garber *et al.* 2011) en la escala original de Borg (1982), reflejando una percepción entre duro y muy duro. Según la tabla de Buceta (1998) podría equivaler a valores entre 6 (duro) – 8 (muy duro) en la escala modificada de Borg (1982). La alta intensidad del método HIIT está comprendida entre duro y muy duro según las escalas de PSE (KRAVITZ, 2014). Para Buchheit y Laursen (2013) corresponde a valores mayores o iguales a 6 en la escala de 0 a 10 puntos. Este último autor como también Cress, Pocari y Foster (2015) agregan que en la escala original equivale a valores mayores a 15.

Para la prescripción correcta y segura de HIIT se deben tener en cuenta los componentes de la carga: la intensidad y la duración del intervalo de trabajo y de la recuperación (entre ejercicios), el número de series de la sesión, la duración e intensidad de los períodos entre las series y su modalidad activa o pasiva (LAURSEN, 2010). Una alteración en estas variables puede afectar la respuesta fisiológica aguda y la efectividad de HIIT (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Garber *et al.* (2011), como también Kessler, Sisson y Short (2012) aconsejan progresar de un nivel de condición física base hacia la alta intensidad de HIIT. La primera fase se consigue con, 3 veces por semana (20 – 60 min.) de ejercicio aeróbico continuo de moderada intensidad y 2 de fuerza, reduciendo el riesgo de lesión músculo esquelética. Luego, se recomiendan intervalos de trabajo aumentando la intensidad de 60 a 90% VO<sub>2</sub>máx. (CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015). El nivel de base causa importantes adaptaciones con 4 - 8 semanas de entrenamiento (HEYWARD, 2008).

Este contexto es clave para la participación segura de HIIT en la población no atleta. Es importante respetar la progresión aumentando la intensidad, la duración y la frecuencia o combinando las tres según la respuesta individual y los objetivos.

En resumen, HIIT resulta ser un potente estímulo de ejercicio cardiovascular, de bajo volumen y alta intensidad. La realización de breves periodos de alta intensidad separados por periodos de recuperación incompleta, permite que personas sin entrenamiento trabajen más fuerte de lo que sería posible con el ECM con menor acumulación de lactato.

Tabla 5: Clasificación del método HIIT.

Fuente: Elaboración propia según datos de Kessler, Sisson y Short (2012); Gist *et al.* (2013).

<b>ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO DE ALTA INTENSIDAD</b>		
	<b>AIT</b>	<b>SIT</b>
<b>Intensidad</b>	Cerca del máximo 80 – 95% VO <sub>2</sub> máx.	Supra máxima ≥ 100% VO <sub>2</sub> máx.
<b>Ciclos</b>	4 - 6	4 - 6
<b>Trabajo x pausa</b>	4 min. x 2 min. a 4 min.	30 seg. x 3 min. a 5 min.
<b>Pausa</b>	Baja intensidad o inactividad	
<b>Volumen comparado con el ECM</b>	15 - 20% menos de tiempo	50 - 90% menos de tiempo

### 2.5.3 Popularidad y Efectos

En esta época en la cual el tiempo es escaso, un régimen de trabajo de menor volumen total de entrenamiento, con similares o mejores efectos en la salud y el rendimiento que uno continuo de mayor volumen, puede resultar una alternativa eficaz y muy atractiva pues mejora a largo plazo la adherencia al plan de entrenamiento. Esto, sumado a la gran versatilidad para adaptarlo a distintos niveles de condición física, deportes y planes de entrenamiento explica el interés científico y la popularidad actual (GIST *et al.*, 2013).

Una solución a este problema puede ser utilizar HIIT con la forma organizativa en circuito de alta intensidad que es descrito en las páginas posteriores (KLIKA; JORDAN, 2013; CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015)

Las tendencias del *fitness* a nivel mundial para el año 2016, se describen en el cuadro (2) donde HIIT constituye el tercer puesto dentro de las 20 principales. Este resultado se obtuvo de una encuesta electrónica realizada a miles de profesionales de todo el mundo (THOMPSON, 2015).

Ciertos autores se refieren a las adaptaciones agudas y crónicas producidas por los protocolos de ejercicio HIIT (cuadro 1).

Buchheit y Laursen (2013) señalan que el efecto acumulativo de las respuestas agudas dan lugar a adaptaciones crónicas a nivel central (cardiovascular) y periférico (músculo esquelético). A nivel central se destaca la mejora en la función y capacidad cardiovascular (aeróbica y anaeróbica) motivada por el incremento del VO<sub>2</sub>máx.

Estos beneficios, en los últimos años se estudiaron en diferentes poblaciones y en varias oportunidades fue comparado con el tradicional ECM.

En pacientes con enfermedades cardiometabólicas se destacan los estudios que va continuación se detallan.

Weston, Wisløff y Coombs (2014) confirman en su meta análisis que 4 semanas de HIIT (85 - 95% FCM y 80-100% VO<sub>2</sub> pico) en comparación con el ECM (60 - 75% FCM) mejoró significativamente el VO<sub>2</sub> pico.

En pacientes con intolerancia a la glucosa con sobrepeso u obesidad, el estudio de Mancilla *et al.* (2014) sugiere que 12 semanas de HIIT puede ser más eficaz y económico que el ECM en la pérdida de grasa corporal, también reduce la resistencia a la insulina y aumenta significativamente la capacidad aeróbica.

En pacientes con insuficiencia cardíaca, la superioridad de HIIT en relación al ECM para la mejora del consumo máximo de oxígeno, quedó confirmada con el meta análisis de Smart, Dieberg y Giallauria (2013). Afirman que toda práctica es superior a la inactividad, que mínimo 2 semanas de ejercicio aeróbico intermitente (3 ciclos de 5 min. al 90% VO<sub>2</sub>máx. con 5 min. o menos de pausa) provoca mayor mejora en el VO<sub>2</sub> pico que el ECM (70% VO<sub>2</sub>máx.) y aún más si se le integra ejercicio de fuerza.

Estas mismas comparaciones se hicieron con otras poblaciones utilizando varios protocolos de HIIT que a continuación se desarrollan.

En sujetos sedentarios y activos recreativos, Laursen y Jenkins (2002) señalan que HIIT, en comparación al ECM, provoca rápidas mejoras (10 semanas) en el VO<sub>2</sub>máx. y en el rendimiento de resistencia (por la contribución de energía aeróbica y anaeróbica que mejora la disponibilidad de ATP para el trabajo muscular). Puede mejorar el metabolismo aeróbico (aumenta la capilarización, fibras tipo 1, actividad de enzimas glucolítica y oxidativa). En atletas de resistencia, estos autores como también Laursen (2010) recomiendan incorporar al entrenamientos de alto volumen, 6 - 8 sesiones de HIIT (80 -150% VO<sub>2</sub>máx.) durante 2-4 semanas para mejorar a corto plazo factores fisiológicos y de rendimiento, realizando con éxito mayor volumen de ejercicio intenso (2 - 4%).

En mujeres adultas jóvenes sedentarias de similar edad, Bonilla y Moreno (2010) después de 10 semanas (3 veces por semana) de ECM (60% VO<sub>2</sub>máx.) e interválico (70% VO<sub>2</sub> pico) no encontraron diferencia significativa del *fitness* cardiovascular (VO<sub>2</sub>máx. aumentó en ambos), quizá por el número reducido de la muestra (5 en cada grupo) y por la baja intensidad del intervalado. Sugieren mayor intensidad por tener mejor respuesta cardiovascular en sujetos sanos. Con respecto al uso de la escala de Borg durante la sesiones, presentó valores significativamente superiores el entrenamiento interválico.

Por su parte, Gibala *et al.* (2012) afirman que el método HIIT es eficaz a corto plazo para inducir adaptaciones centrales y periféricas relacionadas a la mejora la salud y el rendimiento en población sana y enferma. Los estudios en general sugieren que HIIT puede alcanzar similares o superiores beneficios que el ECM. Otros autores señalan que los adaptaciones similares se logran en menos de un año (CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015).

Kravitz (2014) destaca que HIIT tiende a quemar más de calorías que el ECM, especialmente dos horas después. Este periodo donde el cuerpo restaura los niveles preejercicio usando más energía se llama en inglés *Excess Postexercise Oxygen consumption* (EPOC). Benito *et al.* (2008) observan que éste es mayor cuanto menor es el descanso entre los ejercicios. Boutcher (2011) agrega que es fundamental para determinar si un efecto es agudo residual o crónico, aspecto que varía mucho en los estudios (2 - 72 hs.).

La mayoría de los estudios implicaron intervenciones cortas (varias semanas), se requieren investigaciones de varios meses o años para ver los efectos de HIIT a largo plazo. En general son estudios realizados en laboratorio y que utilizaron el modo de ejercicio en ciclismo, en carrera y en ergómetro (remo, trotadora y bicicleta). Todos coinciden en que hay poca información sobre las adaptaciones centrales y periféricas; aún no están claros los mecanismos responsables de las mejoras en el rendimiento de resistencia. Además tanto el HIIT como el ECM pueden mejorar los parámetros fisiológicos y de rendimiento, en distintas poblaciones y en diferentes edades, pero el primero lo logra en menor tiempo.

Cuadro 1: Adaptaciones fisiológicas con HIIT.  
Fuente: Elaboración propia según datos de Boutcher (2011).

<b>ADAPTACIONES AGUDAS</b>
Aumenta significativamente: FC, catecolaminas, cortisol, hormona del crecimiento, lactato en plasma y niveles de glucosa y glicerol.
Disminuye significativamente: la reactivación parasimpática después de HIIT, el agotamiento de fosfagenos musculares (ATP, PC) y reservas de glucógeno.
<b>ADAPTACIONES CRÓNICAS DEL EJERCICIO HIIT REGULAR</b>
Aumenta la capacidad del musculo esquelético de oxidación de ácidos grasos y el contenido y actividad de la enzima glucolítica.
Aumenta la capacidad aeróbica y anaeróbica por el ↑ VO2 máx.
Disminuye el riesgo de factores cardiometabólicos. Mejora la calidad de vida y salud.
Aumenta la adherencia a la actividad
Aumenta el rendimiento en resistencia, mayor tolerancia al ejercicio. Mejora rendimiento cardiovascular.
Disminuye la insulina en ayunas y la resistencia a la insulina. Aumenta la sensibilidad a la insulina.

Cuadro 2: *Top 20 Worldwide Fitness Trends for 2016.*  
Fuente: Thompson (2015)

2016	
1	Wearable technology
2	Body weight training
3	High-intensity interval training (HIIT)
4	Strength training
5	Educated, certified, and experienced fitness professionals
6	Personal training
7	Functional fitness
8	Fitness programs for older adults
9	Exercise and weight loss
10	Yoga
11	Group personal training
12	Worksite health promotion
13	Wellness coaching
14	Outdoor activities
15	Sport-specific training
16	Flexibility and mobility rollers
17	Smart phone exercise apps
18	Circuit training
19	Core training
20	Outcome measurements

## 2.6 ENTRENAMIENTO EN CIRCUITO

El Entrenamiento en Circuito fue diseñado para desarrollar la condición física general o específica (capacidad cardiorrespiratoria, fuerza y potencia muscular). Consiste en realizar 6 - 12 ejercicios a intensidad moderada (40 - 60% de una repetición máxima), donde se trabajan grandes grupos musculares de forma alternada, lo que permitía descansos breves entre los ejercicios. La relación entre el tiempo de trabajo y de pausa es fundamental para lograr mejoras en la condición aeróbica (típicamente 1:1 o 1:2), por lo tanto la recuperación permite mejorar el VO<sub>2</sub> máx. (SCHOLICH, 1989).

En esta misma línea, Colado (2004) afirma que es una forma efectiva, segura, variada y motivante de organizar el entrenamiento. Puede estructurarse de dos formas, según el número de repeticiones o por el tiempo en cada ejercicio. Afirma que después de 10 - 12 semanas puede observarse mejoras cardiorrespiratorias, disminución de la FC de reposo, la FC de trabajo y la FC de recuperación. Este autor añade ciertas recomendaciones:

- Para la entrada en calor: realizar una vuelta al circuito.

- Para evaluar: realizar cada cuatro u ocho semanas una valoración y modificación del entrenamiento en cuanto a la carga, el tiempo, número de repeticiones y número de vueltas, para que haya adaptación.
- Para complementar: se puede utilizar peso (mancuernas, barras u otros) y ejercicios cardiorrespiratorios (máquina de remo, movimientos dinámicos, entre otros).

Weineck (2005) suma otras ventajas del circuito: permite trabajar al mismo tiempo con varias personas, puede adaptarse según el nivel de condición física y no requiere espacios grandes. Según la carga, se puede desarrollar la fuerza, la velocidad, la resistencia y sus subcategorías (resistencia a la fuerza, fuerza rápida, resistencia de la fuerza rápida y resistencia de la velocidad). La carga puede aumentarse progresivamente variando el volumen, la intensidad, la duración y la frecuencia o abruptamente modificando las estaciones y el orden de los ejercicios.

Relacionando estos conceptos con el entrenamiento para la mejora de la salud en la población en general, se desarrolla a continuación la última tendencia en el entrenamiento en circuito, el HICT.

El HICT combina el entrenamiento aeróbico con el de resistencia, utilizando el propio peso corporal (sentadillas, saltos, estocadas, entre otros). Consiste en 2 - 3 ciclos intercalando ejercicios (90 - 100% VO<sub>2</sub>máx.) con duración ≤ 30 segundos (máximo que se puede mantener la alta intensidad con correcta ejecución) y con un descanso corto ≤15 segundos para mantener la intensidad (KLIKA; JORDAN, 2013).

Se aconsejan ejercicios que promuevan: la fuerza de grandes grupos musculares, la alternancia para que se produzcan adaptaciones en todo el cuerpo (un grupo muscular trabaja mientras que el otro tiene menor implicancia en el gesto) y la dinámica de movimiento (hacer abdominales y luego sentadillas saltadas) para mantener la intensidad deseada (KLIKA; JORDAN, 2013).

Para seguir los consejos del ACSM en cuanto al tiempo de la actividad vigorosa, se requieren varias vueltas al circuito completando un mínimo de 20 minutos.

El ACSM considera los protocolos de alta intensidad (HIIT y HICT) eficaces para mejorar la salud, la condición física y el rendimiento, pero no cuando el objetivo es mejorar la fuerza y la resistencia específica (GARBER *et al.* 2011). HICT puede no ser efectivo en deportes donde lo primordial es la fuerza, pero sí en la población general donde la baja intensidad de la carga produce ganancias de fuerza (WALLER, MILLER Y HANNON, 2011).

Los protocolos HIIT como también esta forma de organización del entrenamiento, son eficaces para mejorar la salud y el *fitness*. Se destacan las mejoras en el VO<sub>2</sub>máx., la utilización reducida de glucógeno y la producción de lactato durante el ejercicio; aumenta la capacidad oxidativa del músculo, la capacidad de oxidación de lípidos, mejora la función endotelial, el rendimiento en el ejercicio, la sensibilidad a la insulina y el *fitness* muscular. En

comparación con el alto volumen se pueden observar mejoras similares o superiores en estos aspectos en menor tiempo, tanto en población sana como enferma (LAURSEN; JENKINS, 2002; GIBALA *et al.* 2006; KLIKA; JORDAN, 2013; GIBALA *et al.* 2012).

Otra forma de HIIT, cuyo efecto en población sana no deportista actualmente está en estudio, es el llamado CrossFit®. A diferencia de los protocolos ya mencionados en la literatura, éste se realiza en un circuito continuo y con cargas del 70% de una repetición máxima (BUTCHER *et al.*, 2015).

En resumen, el entrenamiento en circuito de alta intensidad resulta una propuesta segura, eficaz y eficiente para mejorar el sistema cardiorrespiratorio. En la actualidad, esta forma de trabajo ha tomado popularidad en clases grupales de clubes deportivos y es aplicable a diferentes ramas de la Educación Física y el deporte. Debido a su amplia posibilidad de adaptación puede ser realizado por sujetos de todas las edades y con diversas características, con la ventaja de que no requiere materiales.

### 2.6.1 Riesgos del Método HIIT y Posibles Soluciones

Profesionales de la salud han advertido sobre el peligro de lesiones en el músculo esquelético con HIIT (THOMPSON, 2015). Según Waller, Miller y Hannon (2011) como también Cress, Porcari y Foster (2015) las posibles soluciones a esta contraindicación de HIIT puede ser:

- Utilizar la forma organizativa en circuito y el tipo de ejercicio funcional, lo cual reduce la fatiga y la acidez muscular y también el glucógeno.
- Considerar los componentes de la carga de entrenamiento y ajustarlos cada 4 – 8 semanas para asegurar las adaptaciones en cuanto la salud y el rendimiento.
- Respetar la progresión, si es una persona inactiva iniciar con un nivel de base y progresar hacia la alta intensidad característica de HIIT. En caso que sea una persona activa se puede comenzar con intervalos aumentando la intensidad gradualmente.

## 2.7 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Cuadrado (2010) en su estudio *Análisis de la influencia de la intensidad del entrenamiento sobre variables de la carga interna en deportes colectivos*, pretende conseguir una metodología para controlar la evolución de la carga. Se realizó a 13 jugadores masculinos de balonmano, los cuales fueron monitoreados durante 21 sesiones. Se aplicó la escala de PSE de 6 a 20 puntos (general y de cada ejercicio), el test de Course Navette y la fórmula 220 - edad. En cada sesión se realizó un ejercicio de contraataque (10min., 30x45) y

un partido (5min.). Concluye que la PSE, la FC y el VO<sub>2</sub>máx. son válidas para cuantificar la carga diaria y que en situación de juego se puede estimar la FCM.

Guiraud *et al.* (2012) presentan una revisión no sistemática *High-Intensity Interval Training in Cardiac Rehabilitation*, donde determinaron el efecto de HIIT (85 – 120% VO<sub>2</sub> máx.) en pacientes con enfermedades cardiometabólicas. Muestran que HIIT provoca mayor estímulo y mejora el VO<sub>2</sub>máx. más que el ECM, permite mantener la alta intensidad por más tiempo, tiene efectos beneficiosos sobre la función ventricular, endotelial, calidad de vida y también mejora la adhesión a la actividad. Resultó más motivante y eficaz para mejorar el riesgo de factores cardiovasculares.

Kessler, Sisson y Short (2012) realizan una revisión no sistemática, *The Potential for High-Intensity Interval Training to Reduce Cardiometabolic Disease Risk*. Analizan el impacto de HIIT en la capacidad aeróbica y en el riesgo de enfermedad cardiometabólica. Tomaron 24 estudios (17 midieron la capacidad aeróbica, 14 compararon HIIT vs ECM, 17 de AIT con duración de 4 a 6 meses y el resto de SIT, 2 a 6 semanas) con adultos jóvenes sanos, adultos mayores, pacientes con enfermedad cardiometabólica y adolescentes. HIIT resultó seguro y más tolerado que el ECM. Los estudios sugieren que HIIT es igual (5 estudios) o más efectivo (8 estudios) en la salud cardiovascular, similar en factores de riesgo cardiometabólicos. En general entre 8 a 12 semanas observaron mejoras significativas en el VO<sub>2</sub>máx. Incluso observaron esta mejora en menor tiempo (4 semanas de AIT o 2 de SIT).

Parodi (2014) en su investigación *Efecto de un Programa de Entrenamiento Intermitente de Alta Intensidad, Entrenamiento de Fuerza – Resistencia Muscular, Flexibilidad e Intervención Nutricional sobre la Composición Corporal y Capacidades Físicas de Personas Obesas o con Sobrepeso Adiposo*, demostró que tres meses de entrenamiento (3 veces por semana) con un plan de nutrición, es efectivo en la reducción de grasa y la mejora en la flexibilidad. No se vieron mejoras significativas en la fuerza resistencia y resistencia cardiovascular (medida con el *test de Rockport*). De 14 sujetos adultos (ambos sexos) solo 5 cumplieron los criterios de inclusión, mostrando poca adherencia al plan. Se realizaron mediciones antropométricas (antes del plan y cada 7 días), se estimó la capacidad aeróbica, muscular y flexibilidad (antes y después del plan); se controló la intensidad del ejercicio con la PSE.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 MODELO

El presente trabajo sigue una metodología cuantitativa. Los autores, Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2010, p. 46) explican que este modelo: “Usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”.

#### 3.2 NIVEL

Esta investigación corresponde a un nivel analítico. Es analítico porque se compararon dos grupos. En otras palabras, identifica personas que practican HIIT y los compara con un grupo que no lo realiza (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO Y BAPTISTA LUCIO, 2010).

#### 3.3 DISEÑO

La investigación corresponde a un diseño prospectivo, experimental, no *randomizado*, ni cumple con ningunos de los criterios de ceguera. Es prospectivo porque hay seguimiento, es experimental porque trabajo con dos grupos y no es *randomizado* porque no fue una asignación al azar (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO Y BAPTISTA LUCIO, 2010).

##### 3.3.1 Procedimiento

El protocolo experimental fue el siguiente:

A ambos grupos se les pidió la FCB antes, durante y al final del estudio. La misma se obtuvo de los propios sujetos en el momento de despertarse (forma manual en la carótida), durante 3 días y se registró el promedio (ARAGÓN; FERNÁNDEZ, 1995). Se les dio una planilla para rellenar y devolver.

A ambos grupos se les realizó el Yo-Yo test de recuperación intermitente antes, intermedio y al final del tratamiento. Sirvió para valorar la condición física individual, describir, comparar los resultados y determinar si se lograron cambios o no en la capacidad cardiovascular y respiratoria. Se seleccionó este test por sus características intermitentes,

ser fácil de aplicar y por consistir en una distancia corta que permite una buena adhesión del público en general y presentar un nivel indicado para principiantes.

El protocolo de intervención fue el siguiente:

Al grupo control se le solicitó continuar con su actividad habitual típico de un programa tradicional, la cual consistió en: tres veces por semana de actividad física dirigida o ejercicio supervisado por docentes, 30 minutos de ejercicio aeróbico continuo de intensidad moderada (en cinta, en elíptica, en bicicleta estacionaria, en máquina de remo o clase de aeróbica-localizada) y 30 minutos de ejercicio de resistencia muscular.

El grupo experimental o expuesto, realizó un plan de entrenamiento interválico de alta intensidad, durante dos meses (24 sesiones). Se les solicitó no realizar ejercicio físico extra durante el tratamiento.

El control de la intensidad del ejercicio durante las sesiones, se realizó los días miércoles de la semana inicial, intermedia y final al tratamiento. En estos días se registró la FC real al finalizar cada vuelta al circuito y la PSE general de la parte central de la clase quince minutos después de finalizada. Para el registro individual de la PSE se le entregó a cada sujeto una carpeta individual para anotar los valores y evitar la influencia de los compañeros.

Para obtener las franja de esfuerzo entre el 80 – 90% de la FCM de cada sujeto, primero se determinó la FCM teórica por medio de la fórmula de Tanaka, Monahan y Seals (2001) para sujetos adultos sanos y se multiplicó por el porcentaje deseado, resultando la FCE con un valor mínimo y otro máximo.

Se aplicó el formato AIT de 4 minutos a alta intensidad con 2 minutos de pausa, dentro del intervalo trabajo se realizó un intermitente con una relación de igual tiempo de trabajo que de pausa, siendo la más indicada para población no atleta (BUCHHEIT; LAURSEN, 2013).

Se utilizó la forma organizativa en circuito con ocho estaciones de ejercicio.

La sesión tenía una duración total de 46 minutos. En cada una se realizó una entrada en calor general (10 minutos) con ejercicios de movilidad articular, seguida de una específica de 4 minutos (vuelta al circuito a intensidad moderada con una relación trabajo pausa 15 x 15) con el fin de conocer y experimentar los ejercicios.

La parte central de la clase tenía una duración de 22 minutos. Las primeras cuatro semanas se trabajó entre el 80 - 85% de la FCM y un intermitente de 10 x 10 en 4 minutos con 2 minutos de macro pausa, durante cuatro ciclos. En las cuatro últimas semanas, se les solicitó aumentar la intensidad al 85 - 90% de la FCM, se progresó a un 15 x 15 durante 4 minutos con 2 minutos de macro pausa, durante cuatro ciclos, como aconsejan Rodríguez y Argemi (2014) cuando se entrena a personas no atletas.

El plan de ejercicios fue cambiando cada semana. Para su planificación se consideraron las nociones de EF (HEYWARD, 2008), el trabajo de resistencia muscular y cardiorespiratorio (WILMORE; COSTILL, 2007) y la forma organizativa en circuito (KLIKA; JORDAN, 2013; CRESS, PORCARI Y FOSTER, 2015) teniendo en cuenta la variabilidad, progresión y alternancia muscular como también la dinámica. Se incluyeron ejercicios neuromusculares (fuerza y coordinación), aeróbicos y la combinación de ambos. Se utilizó el peso del propio cuerpo, resistencia con bandas, discos, pesas rusas, trabajo en suspensión y en bases inestables, trabajando siempre con repeticiones óptimas con un peso que ya estaban acostumbrados.

La clase finalizaba con 10 minutos de vuelta a la calma y con estiramiento de los principales grupos musculares involucrados en las sesiones.

El procedimiento del estudio se realizó en el Club de Golf del Uruguay y se utilizaron sus instalaciones y materiales.

### 3.4 SUJETOS DE ESTUDIO

La población objetivo fueron adultos jóvenes sanos de ambos sexos que realizan ejercicio físico dirigido de manera regular.

La población en estudio estuvo conformada por 34 individuos que se ajustaron a los siguientes criterios.

Los criterios de inclusión fueron: tener entre 18 y 39 años de edad, ser saludables cardiovascularmente, sin patologías neuromusculares, ni lesiones musculo esqueléticas y haber asistido tres veces por semana de actividad física dirigida o ejercicios supervisados por docentes, 30 minutos de ejercicio aeróbico continuo de intensidad moderada y 30 minutos de ejercicio de resistencia muscular, en los últimos tres meses.

Los 34 individuos de investigación realizan ejercicio físico en el Club de Golf del Uruguay.

Se tuvo en cuenta a la Sociedad Española de Reumatología en considerar adultos jóvenes a las edades comprendidas entre los 18 y 40 años (ARBOLEYA; PEREZ, 2010).

Los criterios de exclusión fueron: hábito de fumador, sobrepeso u obesidad, proceso de embarazo y sin carné de salud o de aptitud física.

Para determinar el criterio de sobrepeso u obesidad se utilizó el índice de masa corporal (IMC). Éste es normal cuando al dividir el peso en kilos por la altura en metros al cuadrado, el valor resultante está entre 18,5 - 24,9 (BURGESS; GLASAVAR, 2006).

El muestreo de la presente investigación fue no probabilístico (no se pueden generalizar los datos a una población), intencional por conveniencia, en el cual no todos los sujetos tuvieron la misma probabilidad de ser elegidos. Se seleccionaron los elementos

representativos de la población según la conveniencia del investigador y de los individuos (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO Y BAPTISTA LUCIO, 2010).

Se invitó a participar a los sujetos en el estudio voluntariamente, formando dos grupos, diecisiete individuos en cada uno.

Todos fueron informados del propósito de estudio y firmaron un consentimiento donde autorizaban el uso de sus datos (anexo 8.1).

### 3.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Los instrumentos comprenden los procedimientos y actividades a seguir en la investigación (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO Y BAPTISTA LUCIO, 2010). En el presente estudio, se utilizan tres instrumentos de medición que permiten acceder a los datos necesarios sobre las variables durante la investigación.

- Escala modificada de PSE que oscila de 0 a 10 (BORG, 1982) para controlar la intensidad del ejercicio.
- Yo-Yo test de recuperación intermitente nivel 1 y su fórmula para calcular el VO<sub>2</sub> máx. estimado (BANGSBO, IAIA Y KRUSTRUP, 2008).
- Formula de Tanaka, Monahan y Seals (2001) para calcular la FCM teórica.

#### 3.5.1 Materiales

- Suunto Team Pod®: es una antena que recibe datos de la FC en tiempo real mediante transmisión inalámbrica de las correas colocada a cada persona y permite consultar los datos en la pantalla de una PC.
- Suunto Team Manager®: es un software que analiza el rendimiento individual desde que la persona se coloca la banda hasta que se la quita, mediante gráficas.

Estos dos materiales se utilizaron para obtener el registro de la FC real en los tres controles de intensidad durante las sesiones de entrenamiento y durante los tres Yo-Yo test.

Se realizó un estudio piloto que permitió al investigador poner a prueba y verificar la correcta utilización de los instrumentos y de los materiales (THOMAS; NELSON, 2006). Dentro de un periodo de cuatro semanas, antes de iniciar el tratamiento, se experimentó con el grupo expuesto ejercicios con diferentes intensidades con su respectiva equivalencia en la escala de PSE de 0 a 10 puntos. A los 34 sujetos de estudio se les explicó y también se practicó la toma de la FC manual en la carótida (en tres oportunidades) y el Yo-Yo test de recuperación intermitente (en una oportunidad), este último permitió relacionar el esfuerzo máximo con una PSE de 10. Con este estudio se pudieron detectar errores metodológicos y corregirlos.

### 3.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se presentan tablas y gráficos de frecuencias para la descripción de variables cualitativas así como medidas de resumen para las continuas. Para el estudio de diferencias de las variables continuas entre tiempos de un mismo grupo, se utilizó el test t de Student para muestras dependientes y para las diferencias entre grupos se utilizó el test t de Student para muestras independientes. En todos los casos se fijó un nivel de significación de 0,05.

#### 4 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

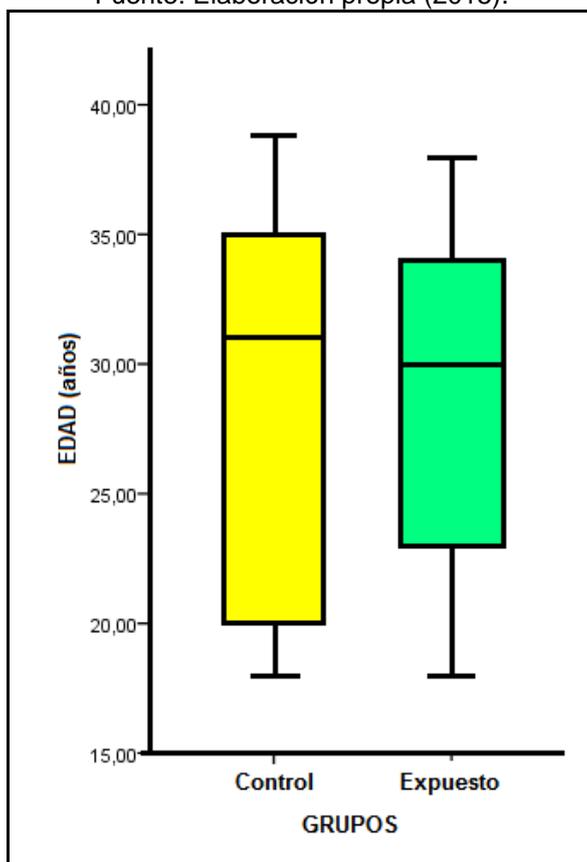
Se analizaron un total de 34 sujetos que conformaron 2 grupos con 17 individuos cada uno. Se llamará cohorte de exposición al grupo que realizó el trabajo físico específico estudiado en ésta investigación y cohorte control al grupo que continuó con su trabajo físico de rutina y que sirve como comparación.

Tabla 6: descripción de la población general en estudio.  
Fuente: Elaboración propia (2015).

Sexo	Masculino Femenino	61.8% (21) 38.2% (13)
Edad (años)	Media +/- EE	28.4 +/- 1.2
IMC Kg/m <sup>2</sup>	Media +/- EE	21.9 +/- 0.4
VO <sub>2</sub> máx 1 VO <sub>2</sub> máx 2 VO <sub>2</sub> máx 3	Media +/- EE	41.5 +/- 2.4 42.4 +/- 2.8 42.7 +/- 2.8
FC Basal 1 FC Basal 2 FC Basal 3	Media +/- EE	64 +/- 8 ; 62 +/- 7 ; 61 +/- 7 ;
% ganancia VO <sub>2</sub> (0-4 sem). % ganancia VO <sub>2</sub> (4-8 sem). % ganancia VO <sub>2</sub> (0-8 sem).	Media +/- EE	2.1 +/- 2.3 2.8 +/- 2.9 0.6 +/- 1.1
FCM 1 FCM 2 FCM 3	Media +/- EE	194 +/- 8 194 +/- 8 193 +/- 9

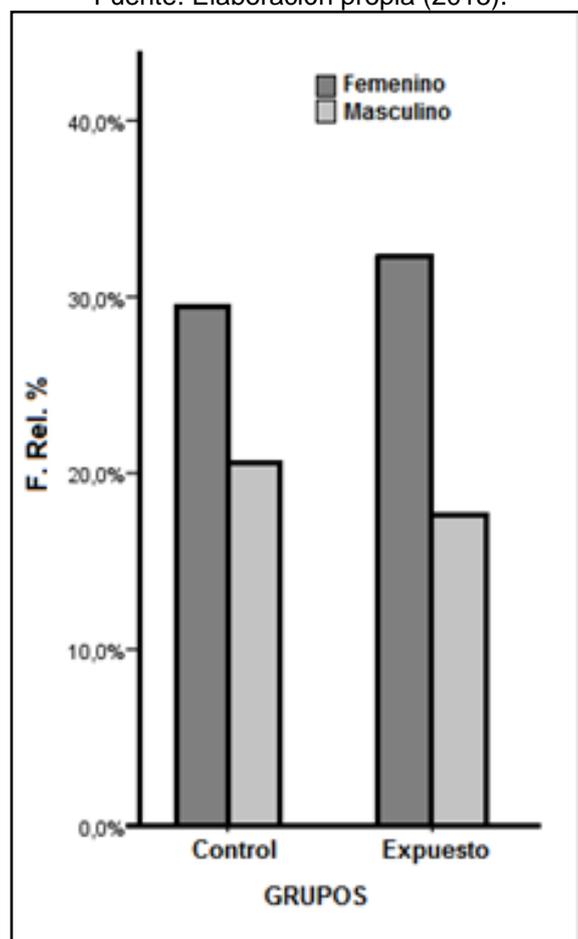
El promedio de edad de ambos grupos en conjunto correspondió a  $28,4 \pm 1,2$  años con un mínimo y un máximo en 18 y 39 años respectivamente. En el caso del grupo de exposición el promedio correspondió a  $28,6 \pm 1,9$  años, mientras que en el grupo considerado control fue de  $28,1 \pm 1,7$  años. No existiendo diferencias estadísticamente significativas para la edad entre ambos grupos, valor  $p = 0,85$ .

Gráfica 1: Edad en años según grupo en estudio.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



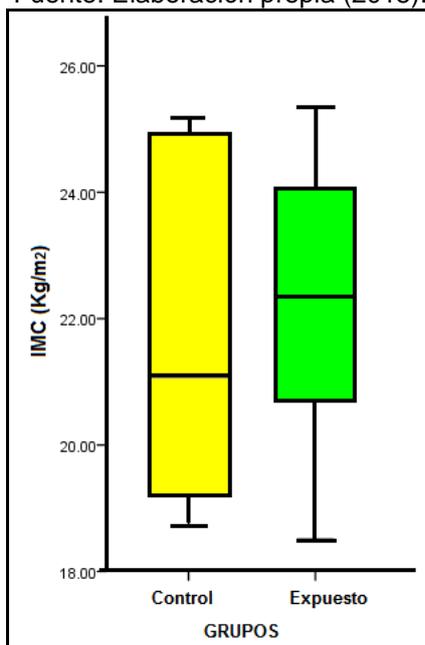
En relación al sexo, la población estudiada estuvo compuesta por un 61,8% (21) mujeres, existiendo una razón de 1,6 mujeres: hombre. En cuanto a la conformación por grupo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación a las proporciones presentes por sexo en cada uno, valor  $p = 0,724$ .

Gráfica 2: Conformación por sexo de cada grupo.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



En relación al IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) los individuos estudiados presentaron un promedio de  $21,9 \pm 0,4 \text{ kg}/\text{m}^2$ , con un mínimo y un máximo en 18,5 y 25  $\text{kg}/\text{m}^2$  respectivamente. En el caso del grupo expuesto el promedio correspondió a  $22,2 \pm 0,6 \text{ kg}/\text{m}^2$ , mientras que en el grupo control fue de  $21,7 \pm 0,6 \text{ kg}/\text{m}^2$ . No existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos para la variable IMC, valor  $p = 0,573$ .

Gráfica 3: IMC según grupo.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



En relación al VO<sub>2</sub>máx.(ml/min.kg) en cada uno de los 3 tiempos en estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 7: VO<sub>2</sub>máx. en cada uno de los tres tiempos.  
Fuente: Elaboración propia (2015).

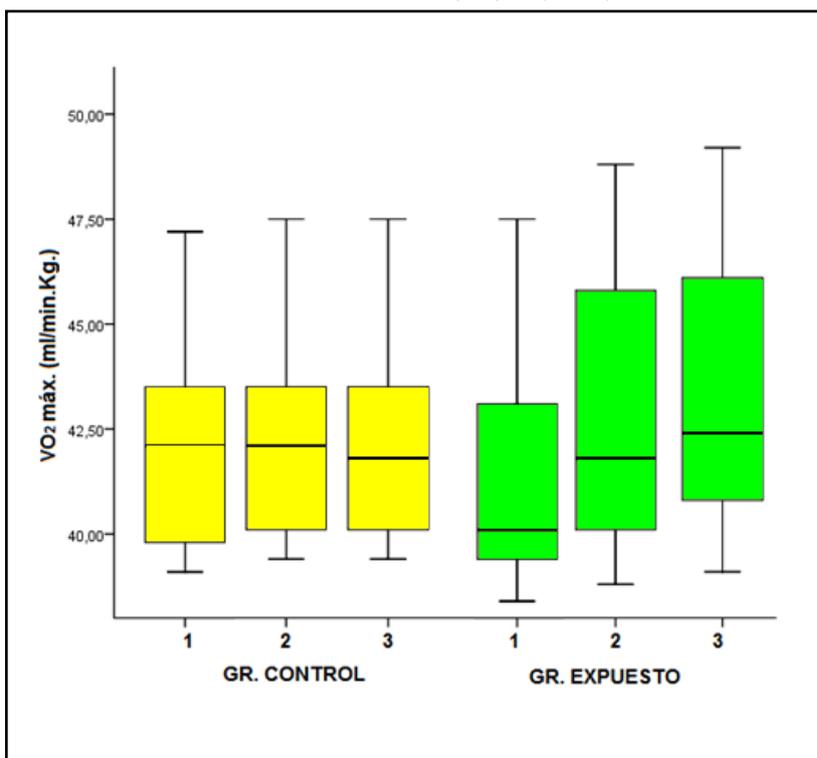
		Media ± EE	Valor p
VO <sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) 1	Expuesto	41,3 ± 0,6	0,540
	Control	41,8 ± 0,6	
VO <sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) 2	Expuesto	42,8 ± 0,8	0,435
	Control	42,0 ± 0,6	
VO <sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) 3	Expuesto	43,4 ± 0,8	0,147
	Control	41,9 ± 0,6	

Como puede observarse, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, para ninguno de los tres momentos del test, según valores p explicitados en la tabla anterior.

En el caso del grupo control, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el VO<sub>2</sub>máx. al momento 1 y al momento 2, valor p = 0,005. Así como entre los momentos 1 y 3, valor p = 0,021. No se encontró una diferencia entre los VO<sub>2</sub>máx. entre los tiempos 2 y 3, valor p = 0,280.

En el caso del grupo expuesto, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tiempos para los VO<sub>2</sub>máx., las tres combinaciones (tiempo 1 versus 2, tiempo 2 versus 3 y tiempo 1 versus 2) tuvieron valores p < 0,001.

Grafica 4: VO<sub>2</sub>máx. (ml/min.kg) en los 3 tiempos para ambos grupos.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



En relación al % de ganancia de VO<sub>2</sub>máx.(ml/min.kg), se obtuvieron los siguientes resultados:

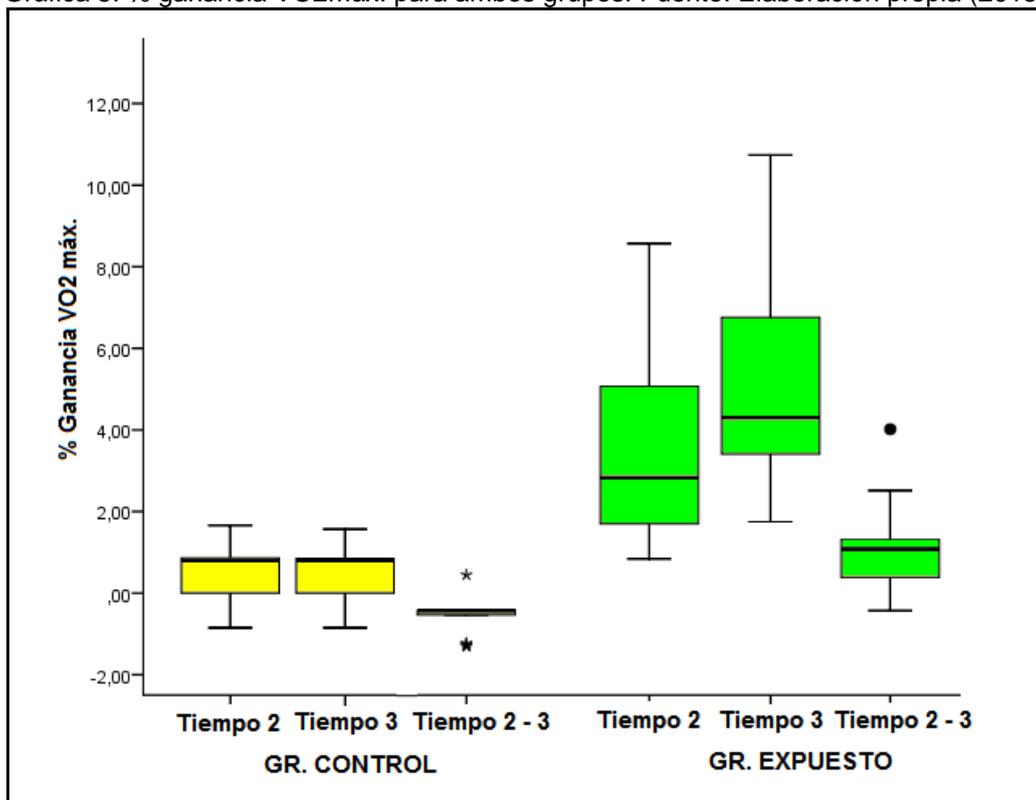
Tabla 8: % de ganancia de VO<sub>2</sub>máx.(ml/min.kg). Fuente: Elaboración propia (2015).

		Media ± EE	Valor p
% ganancia VO <sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) – tiempo 2	Expuesto	3,6 ± 0,6	< 0,001
	Control	0,6 ± 0,6	
% ganancia VO <sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) – tiempo 3	Expuesto	5,1 ± 0,6	< 0,001
	Control	0,5 ± 0,2	
% ganancia VO <sub>2</sub> máx.(ml/min.kg) – tiempos 2 - 3	Expuesto	1,4 ± 0,3	< 0,001
	Control	-0,1 ± 0,1	

Como puede observarse, se comprobaron diferencias para el promedio de ganancia de VO<sub>2</sub>máx. medida en porcentaje entre los grupos tanto al momento 2, al momento 3 como en la diferencia entre ambos tiempos, en todos los casos con un valor  $p < 0,001$ .

En el caso del grupo control, la diferencia encontrada entre los momentos 2 y 3 no resultó ser estadísticamente significativa, valor  $p = 0,179$ . Mientras que para el grupo expuesto, la diferencia encontrada si es estadísticamente significativa, valor  $p < 0,001$ .

En el caso del grupo expuesto, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tiempos para las VO<sub>2</sub>máx., las tres combinaciones (tiempo 1 versus 2, tiempo 2 versus 3 y tiempo 1 versus 2) tuvieron valores  $p < 0,001$ .

Gráfica 5: % ganancia VO<sub>2</sub>máx. para ambos grupos. Fuente: Elaboración propia (2015).

En relación a la FCB alcanzada en cada uno de los 3 tiempos en estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9: FCB alcanzada en cada uno de los 3 tiempos. Fuente: Elaboración propia (2015).

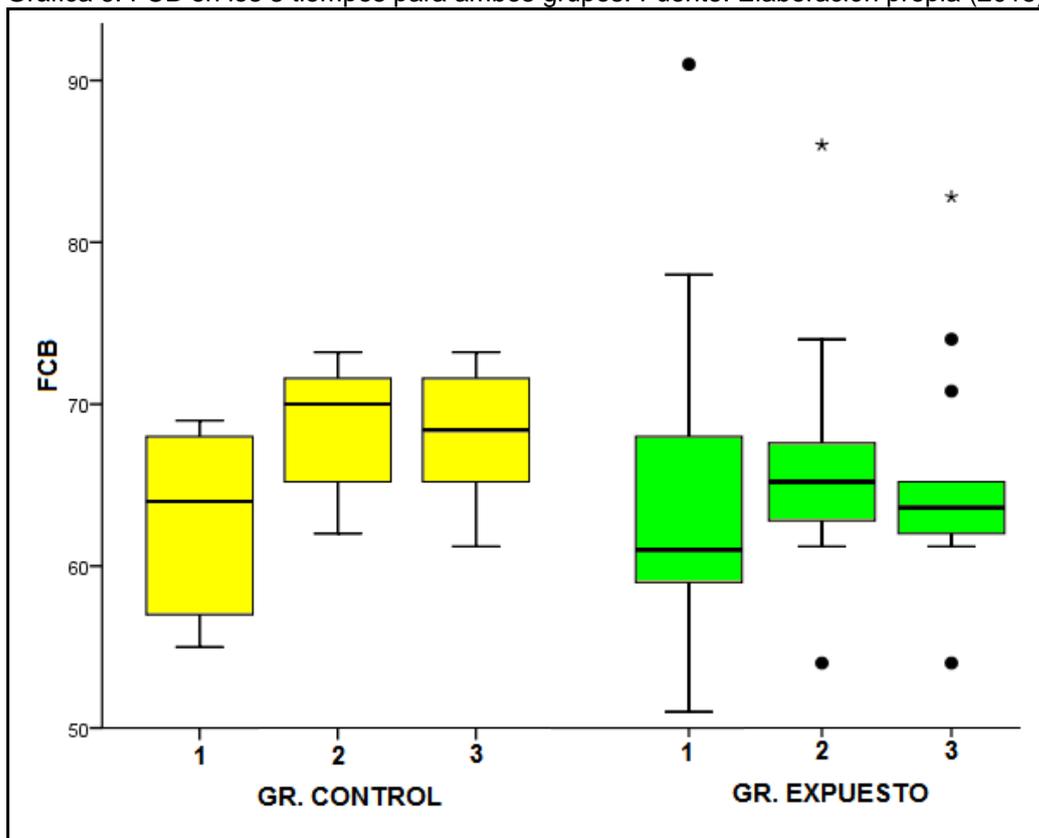
		Media $\pm$ EE	Valor p
<b>FCB 1</b>	Expuesto	64 $\pm$ 1	0,662
	Control	63 $\pm$ 1	
<b>FCB 2</b>	Expuesto	61 $\pm$ 2	0,306
	Control	63 $\pm$ 1	
<b>FCB 3</b>	Expuesto	59 $\pm$ 2	0,084
	Control	63 $\pm$ 1	

Como puede observarse, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, para ninguno de los tres momentos, según valores p explicitados en la tabla anterior.

En el caso del grupo control, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ninguno de los tiempos, entre FCB 1 y FCB 2 valor p = 0,756. Entre 2 y 3, valor p = 0,557 y entre 1 y 3, valor p = 0,661.

En el caso del grupo expuesto, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los tiempos, entre los tiempos 1 y 2, valor p < 0,001, entre el tiempo 2 y el 3, valor p = 0,012 y entre el tiempo 1 y el 3 valor p < 0,001.

Gráfica 6: FCB en los 3 tiempos para ambos grupos. Fuente: Elaboración propia (2015).



En relación a la PSE al inicio, durante y al final del estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

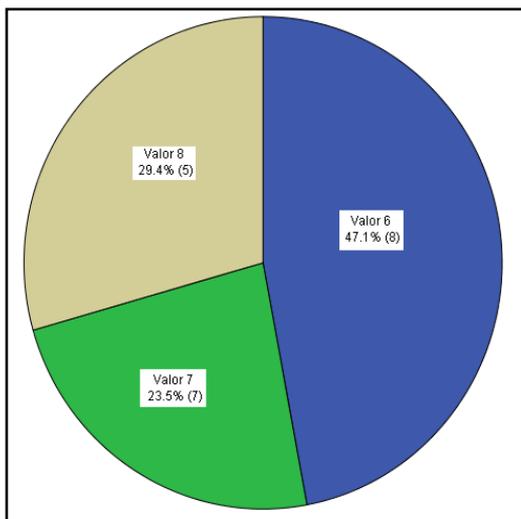
Tabla 10: PSE en los tres tiempos. Fuente: Elaboración propia (2015).

	PSE Inicial	PSE Intermedia	PSE Final
6	47.1% (8)	29.4% (5)	17.6% (3)
7	23.5% (4)	35.3% (6)	35.3% (6)
8	29.4% (5)	35.3% (6)	47.1% (8)
Total	100.0% (17)	100.0% (17)	100.0% (17)

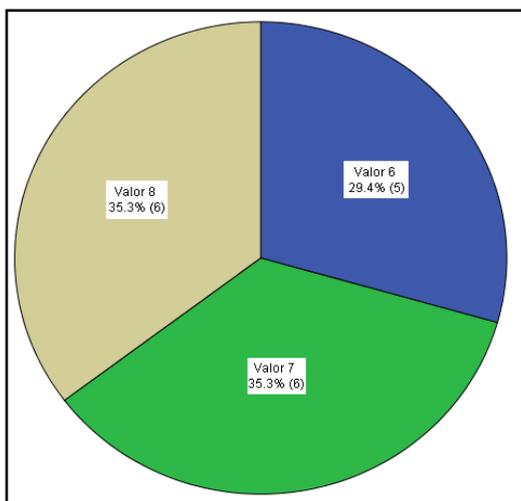
El grupo que realizó HIIT, mantuvo una PSE a lo largo del tiempo siempre entre los valores 6 a 8 (entre duro y muy duro) de la escala modificada que oscila de 0 a 10 puntos, acorde a la intensidad recomendada.

Como era de esperar, debido al cambio de intensidad, al inicio la mayor frecuencia de individuos afirmó estar en un valor 6 de la escala (47.1%), mientras que al final dicha frecuencia se encuentra en un valor 8 de la escala (igual porcentaje).

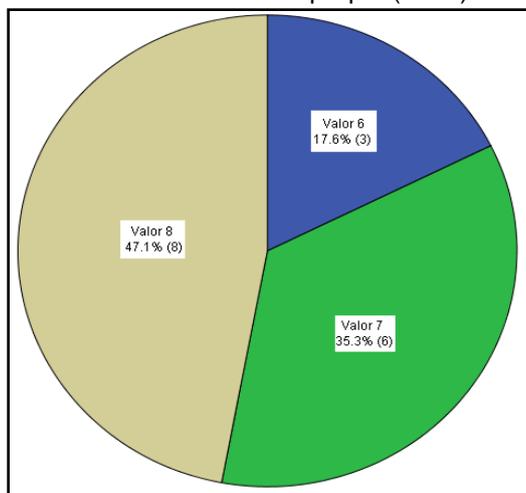
Gráfica 7: Frecuencia PSE inicial.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



Gráfica 8: Frecuencia PSE intermedia.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



Gráfica 9: Frecuencia PSE final.  
Fuente: Elaboración propia (2015).



En relación a la FCM alcanzada en cada uno de los 3 tiempos en estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 11: FCM en cada uno de los tres tiempos. Fuente: Elaboración propia (2015).

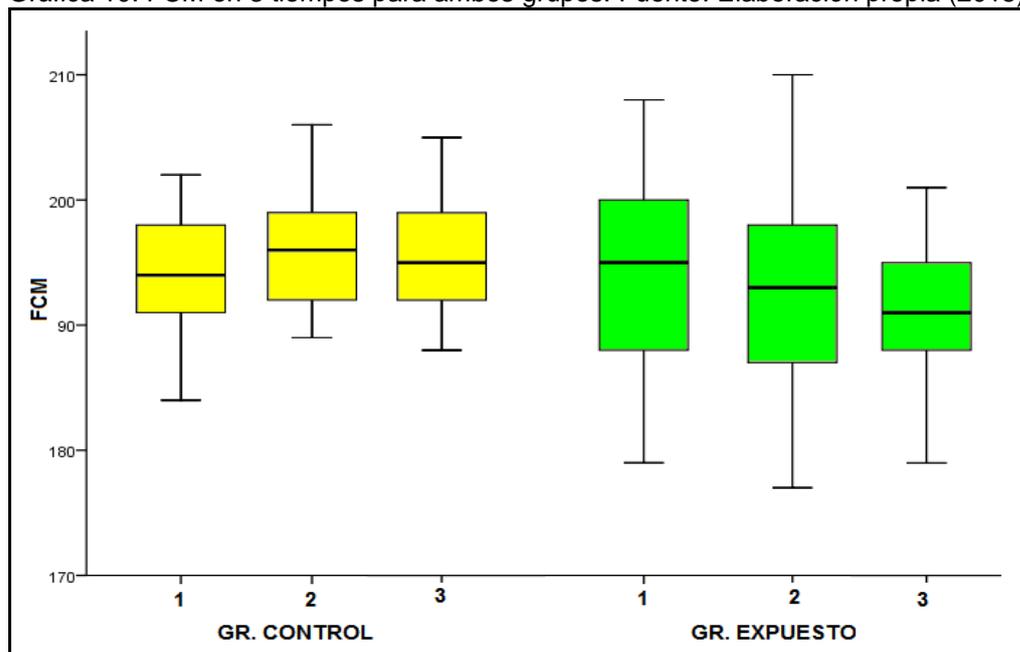
		Media $\pm$ EE	Valor p
<b>FCM 1</b>	Expuesto	194 $\pm$ 2	0,664
	Control	193 $\pm$ 2	
<b>FCM 2</b>	Expuesto	193 $\pm$ 2	0,536
	Control	195 $\pm$ 2	
<b>FCM 3</b>	Expuesto	191 $\pm$ 2	0,277
	Control	195 $\pm$ 2	

Como puede observarse, no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos, para ninguno de los tres momentos del test, según valores p explicitados en la tabla anterior.

En el caso del grupo control, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la FCM 1 y la FCM 2, valor p = 0,004. Así como entre FCM 1 y FCM 3, valor p = 0,013. No se encontró una diferencia entre los tiempos 2 y 3 para la FCM, valor p = 0,216.

En el caso del grupo expuesto, se encontraron diferencias estadísticamente significativas únicamente entre las FCM entre los tiempos 1 y 3, valor p = 0,025. No así para las otras combinaciones de tiempos., valores p > 0,05.

Gráfica 10: FCM en 3 tiempos para ambos grupos. Fuente: Elaboración propia (2015).



## 5 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los autores, Klica y Jordan (2013) afirman que HIIT mejora el VO<sub>2</sub>máx. y que en comparación con la realización por separado del ejercicio aeróbico y de resistencia, existen mejoras similares en un volumen significativamente menor. En el presente trabajo se observó lo mismo, existe una mejora progresiva en el grupo que realizó HIIT. Al igual que Cress, Porcari y Foster (2015) la organización en circuito de alta intensidad logró igual mejora en el VO<sub>2</sub>máx. que el ECM en menor volumen de entrenamiento. La diferencia está en que en el presente estudio el grupo control realizó ECM sumado a ejercicio de resistencia muscular. Coincidiendo con Gibala *et al.* (2012) HIIT resultó eficaz en la mejora de la función y capacidad cardiovascular logrando estas adaptaciones en intervenciones más cortas que el ECM. La diferencia es que estos autores incluyen no sólo adultos sanos sino también población enferma y la comparación fue hecha solo con ECM y con SIT. Otro estudio con iguales resultados que la presente investigación fue el de Kessler, Sisson y Short (2012) quienes vieron mejoras significativas en el VO<sub>2</sub>máx. en un mínimo de 4 semanas de AIT, comparado con el ECM, estas fueron iguales. La diferencia es que estos autores analizaron 17 protocolos de AIT y 3 de SIT e incluyeron no sólo población adulta sana sino también adolescentes, adultos mayores y pacientes con enfermedades cardiometabólicas. Además solo lo comparan con el ECM. Por otra parte, tal como lo investigaron Laursen y Jenkins (2002), también el HIIT provocó rápidas mejoras en el VO<sub>2</sub>máx. pero, en ese caso, aplicado durante un período de 10 semanas. La diferencia es que estos últimos autores incorporaron al estudio no solo población moderadamente activa sino también sedentaria. La limitante de su trabajo es que no hubo grupo control como sí lo hubo en esta intervención. El presente estudio, al igual que Boutcher (2011) mostró que en 4 semanas de AIT realizado 3 veces por semana aumentó significativamente la capacidad aeróbica. La diferencia es que dicho autor observó estas mejoras a partir de las 2 a 16 semanas de aplicación del AIT; incorporó protocolos también de SIT y no sólo lo aplicó en adultos jóvenes sanos de ambos sexos, con peso normal, sino también con sobrepeso más un estudio en adolescentes también con sobrepeso. Una limitante de su estudio fue que no lo comparó con otros métodos de entrenamiento. Un resultado igual a la presente investigación es el de Bonilla y Moreno (2010). La diferencia radica en que, en este último, las comparaciones se hicieron con mujeres adultas sedentarias de similar edad, que la intervención fue de 10 semanas y que la intensidad aplicada al método intervalado fue menor; además el grupo control solo realizó ECM. Encontraron que tanto el HIIT como el ECM en 10 semanas aumentaron el VO<sub>2</sub>máx. sin diferencias significativas entre grupos. Los autores atribuyen el resultado a la baja intensidad con que se realizó HIIT y al número reducido de la muestra (5 sujetos por grupo).

Otro resultado similar al presente estudio es el de Mancilla *et al.* (2014), quienes encontraron que HIIT aumentó significativamente el VO<sub>2</sub>máx. en el grupo adherente. La limitante de su trabajo fue que no se comparó con otro grupo sino con un grupo no adherente. La diferencia con el presente estudio es que la población a la cual se le aplicó HIIT estaba integrada por pacientes con intolerancia a la glucosa. Cabe señalar que la presente investigación utilizó la forma organizativa en circuito de alta intensidad, en el cual se combinó la resistencia muscular con el ejercicio aeróbico utilizando el propio peso corporal y materiales (bandas, discos, trampolines, cuerdas de saltar, entre otros). En cambio, en las fuentes citadas se observó que en general incluyeron estudios de laboratorio en los que se utilizaron diferentes formas de ejercicio: bicicleta, carrera, cicloergómetro y cinta de correr. Sólo los autores Klika y Jordan (2013) como también Cress, Porcari y Foster (2015) se refieren a la forma organizativa en circuito de alta intensidad como se investiga en este trabajo. Tal como era de esperar en el presente estudio, se pudo observar en el Yo-Yo test de recuperación intermitente adaptaciones fisiológicas con el método HIIT (WEINECK, 2005; BANSGBO, 2008;). Al igual que señala Pancorbo (2008); Bangsbo, laia y Krstrup (2008); Guiraud *et al.* (2012) como también Abellán, Sainz y Ortín (2014), se observó que el aumento del VO<sub>2</sub>máx., fue acompañado por la capacidad de mantener la alta intensidad por más tiempo, recorriendo mayor distancia a mayor velocidad con una FCM real menor a lo largo de los tres test.

En el presente estudio se encontró una diferencia estadísticamente significativa para el porcentaje de ganancia de VO<sub>2</sub>máx. entre ambos grupos. Resultados similares encontró Boucher (2011) en adultos jóvenes sanos de ambos sexos, con peso normal, donde HIIT aumentó significativamente el VO<sub>2</sub>máx. entre 6 – 41% con la limitante que el autor no lo comparó con otro método de entrenamiento. La diferencia es que este autor observó estas mejoras a partir de las 2 - 16 semanas de aplicación del AIT; incorporó protocolos también de SIT y sumó adultos con sobrepeso más un estudio en adolescentes también con sobrepeso. El mismo resultado a partir de 4 semanas de HIIT también fue observado por Weston, Wisløff y Coombs (2014), con la diferencia que estos últimos aplicaron los métodos en pacientes con enfermedades cardiometabólicas y compararon HIIT con el ECM. Al igual que Mancilla *et al.* (2014) el resultado implicó una mejora significativa del VO<sub>2</sub>máx. con HIIT, con la diferencia que aplicaron el método por más tiempo (3 meses) y en pacientes con intolerancia a la glucosa con sobrepeso u obesidad. Una limitante de su estudio fue que el grupo control estaba conformado por los sujetos que abandonaron el tratamiento. Resultados diferentes a los del presente estudio fueron encontrados por Bonilla y Moreno (2010) donde el grupo control que realizó ECM tuvo una mejoría del 15% y el interválico de 10%.

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas de la FCB entre los grupos. Esta variable es uno de los indicadores más representativos del nivel de entrenamiento de un individuo (WILMORE; COSTILL, 2007). Bonilla y Moreno (2010) encontraron el mismo resultado que la presente investigación, con las diferencias que consideraron como FCB la FC en reposo, que realizaron 10 semanas de entrenamiento con mujeres adultas sedentarias y que la intensidad del interválico fue menor y el grupo control hizo sólo ECM. Estos autores consideran que 10 semanas no fueron suficientes para favorecer que los cambios tuvieran en la FC en reposo una diferencia significativa entre ambos grupos.

Con relación a la PSE, se encontraron los mismos valores que recomienda la literatura para HIIT, lo que indicaría que la intensidad del trabajo HIIT estuvo dentro de los rangos esperados para la actividad vigorosa. Se puede sugerir que la PSE general, puede ser una forma válida, útil y fiable para controlar la intensidad de HIIT cuando no se cuenta con indicadores objetivos o como complemento de los mismos como también lo consideran Wilmore y Costill (2007); Buchheit y Laursen (2013). Lo mismo afirma Cuadrado (2010) en su estudio, con la diferencia que utilizó la escala original que oscila de 6 a 20 puntos. Al igual que Garber *et al.* 2011 como también Kravits, 2004, en el presente estudio, la actividad vigorosa que implicó HIIT fue equivalente a un esfuerzo percibido entre duro y muy duro. La diferencia es que el primer autor se refiere a valores entre 14 – 17 de la escala original, estos los podemos relacionar con valores entre 6 – 8 de la escala modificada que oscila de 0 a 10 puntos según la tabla planteada por Buceta (1998), lo cual coincide con los valores del presente estudio. Al igual que Buchheit y Laursen (2013) HIIT corresponde a valores mayores o iguales a 6 en la escala modificada. Esto puede sugerir que la tendencia en la PSE para los intervalos largos del método HIIT estaría entre los valores 6 – 8 según la escala de PSE modificada. En el presente estudio se pudo apreciar que la PSE en el correr de las 8 semanas aumentó gradualmente desde un esfuerzo percibido como duro a uno muy duro (6 – 8), producto del incremento de la intensidad de la carga y del volumen. Como afirman los autores citados, sugiere ser un instrumento válido para el monitoreo del trabajo de alta intensidad utilizado.

En la literatura disponible, la mayoría de los estudios emplearon otro tipo de ejercicio, compararon HIIT con el ECM solamente e incluso algunos en pacientes con enfermedades cardiometabólicas. A pesar de esas diferencias los resultados terminaron siendo similares a los presentados en este estudio.

## 6 CONCLUSIONES

Los tres objetivos específicos del presente estudio fueron cumplidos. El trabajo realizado mostró que el de HIIT al 80 – 90% de la FCM y el programa tradicional son eficaces para modificar, los parámetros cardiorrespiratorios, en adultos jóvenes sanos de ambos sexos que concurren al Club de Golf del Uruguay con las características de la muestra utilizada para un tiempo estipulado de 8 semanas.

En efecto, el método HIIT provocó una mejora estadísticamente significativa en el % de ganancia de VO<sub>2</sub>máx. en comparación con el grupo control. HIIT también disminuyó la FCB mientras que el grupo control no presentó cambios. Hay que destacar que estos beneficios se obtuvieron en tan solo 4 semanas de aplicación. La variable del VO<sub>2</sub>máx. mejoró gradualmente en el correr de los 2 meses con HIIT, mientras que, el grupo control mejoró las primeras 4 semanas y luego se mantuvo. Aunque en ambas variables - FCB y VO<sub>2</sub>máx. - las diferencias no fueron estadísticamente significativas entre los dos grupos.

Finalmente, respecto a la PSE en el correr de las 8 semanas, mostró un aumento gradual siempre entre duro y muy duro para los esfuerzos de alta intensidad utilizados.

En relación a las limitaciones del presente estudio, el muestreo no fue randomizado ni probabilístico; no hubo seguimiento del grupo control; no hubo control en la toma de la FCB. Sería recomendable para futuras líneas de investigación un diseño randomizado probabilístico con seguimiento del grupo control, supervisión en el registro de la FCB y con un número mayor de sujetos.

## 7 REFERENCIAS

ABELLÁN, J.; SAINZ, P.; ORTÍN, E.J. **Guía para la prescripción de ejercicio físico en pacientes con riesgo cardiovascular**. 2. ed. Murcia: Industrias Gráficas Libecrom, 2014. 278 p.

ARAGÓN, L.F.; FERNÁNDEZ, A. **Fisiología del ejercicio**: Respuestas, entrenamiento y medición. Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica, 1995. 325 p.

ARBOLEYA, L.; PEREZ, L. **Manual de enfermedades óseas**. 2. ed. Madrid: Médica Panamericana, 2010. 512 p.

ARGEMI, R. **El intermitente**: Fundamentos del trabajo físico. Buenos Aires: Fromprint, 2014. 318 p.

ASTRAND, I. *et al.* Intermittent muscular work. **Acta Physiologica Scandinavica**, Sweden, v. 48, p.448-453, aug. 1960. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.1960.tb01879.x/pdf>. Acceso en: 4 jul. 2015.

BANGSBO, J. **Entrenamiento de la condición física en el fútbol**. Barcelona: Paidotribo, 2008. 352 p.

BANGSBO, J; IAIA, F.M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo intermittent recovery test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports Medicine**, Auckland, v. 8, n. 1, p.37–51, jan. 2008. Disponible en: <http://rd.springer.com/article/10.2165/00007256-200838010-00004#page-1>. Acceso en: 4 jul. 2015.

BENITO, P. *et al.* Análisis del gasto energético en entrenamiento con cargas en circuito. Comparación de cargas elevadas vs ligeras. **Kronos**, Madrid, v. VII, n. 14, jul. 2008. Disponible en: [http://oa.upm.es/2186/1/INVE\\_MEM\\_2008\\_53255.pdf](http://oa.upm.es/2186/1/INVE_MEM_2008_53255.pdf) Acceso en: 20 abr. 2015.

BOMPA, T.O.; CORNACCHIA, L.J. **Musculación**: Entrenamiento avanzado. 5. ed. Barcelona: Hispano Europea, 2010. 288 p.

BONILLA, J.F.; MORENO, J.C. Entrenamiento continuo e interválico sobre el fitness cardiovascular en mujeres sedentarias. **Revista Ciencias de la Salud**, Bogota, v. 8, n. 1, p.31-41, ene.-abr. 2010. Disponible en: <http://revistas.urosario.edu.co/index.php/revsalud/article/view/1217>. Acceso en: 9 abr. 2015.

BORG, G.A.V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 14, n. 5, p.377-381, 1982. Disponible en: [http://fcesoftware.com/images/15\\_Perceived\\_Exertion.pdf](http://fcesoftware.com/images/15_Perceived_Exertion.pdf). Acceso en: 7 jul. 2014.

BOUTCHER, S.H. High-Intensity Intermittent Exercise and Fat Loss. **Journal of Obesity**, v. 2011, nov. 2011. Disponible en: [https://scholar.google.com.uy/scholar?q=high+intensity+interval+intermittent+exercise+and+fat+loss&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwiq4Nmt-rDJAhXM6yYKHVB\\_AsmQgQMIGDAA](https://scholar.google.com.uy/scholar?q=high+intensity+interval+intermittent+exercise+and+fat+loss&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwiq4Nmt-rDJAhXM6yYKHVB_AsmQgQMIGDAA). Acceso en: 8 abr. 2015.

BOUZAS, J.C.; OTTOLINE, N.M.; DELGADO, M. Aplicaciones de la frecuencia cardíaca máxima en la evaluación y prescripción de ejercicio. **Apunts Medicina de L'esport**, Barcelona, v. 45, n. 168, p.251-258, oct.-dic. 2010. Disponible en: <http://www.apunts.org/es/aplicaciones-frecuencia-cardiaca-maxima-evaluacion/articulo/13187350/>. Acceso en: 9 abr. 2015.

BUCETA, J. M. **Psicología del entrenamiento deportivo**. Madrid: Dykinson, 1998. 464 p.

BUCHHEIT, M.; LAURSEN, P.B. High-Intensity interval training, solutions to the programming puzzle: cardiopulmonary emphasis. **Sports Medicine**, Auckland, v. 43, n. 7, p.313-338, mar. 2013. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23539308>. Acceso en: 12 de ago. 2015.

BURGESS, A.; GLASAVAR, P. **Guía de nutrición de la familia**. Roma: Food & agriculture organization, 2006. 137 p.

BUTCHER, S.J. *et al.* Relative Intensity of Two Types of Crossfit Exercise: Acute Circuit and High-Intensity Interval Exercise. **Journal of Fitness Research**, Sippy Downs, v. 4, n. 2, p. 3-15, sep. 2015. Disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/281240359\\_Relative\\_Intensity\\_of\\_Two\\_Types\\_of\\_CrossFit\\_Exercise\\_Acute\\_Circuit\\_and\\_High-Intensity\\_Interval\\_Exercise](http://www.researchgate.net/publication/281240359_Relative_Intensity_of_Two_Types_of_CrossFit_Exercise_Acute_Circuit_and_High-Intensity_Interval_Exercise). Acceso en: 31 oct. 2015.

CHRISTMASS, M.A., *et al.* Brief intense exercise followed by passive recovery modifies the pattern of fuel use in humans during subsequent sustained intermittent exercise. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 172, n. 1, p.39-52, may. 2001. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-201X.2001.00814.x/pdf>. Acceso en: 10 ago. 2015.

COLADO, J.C. **Fitness en las salas de musculación**. Barcelona: INDE, 2004. 355 p.

COMYNS, T.; FLANAGAN, E.P. Applications of the session rating of perceived exertion system in professional rugby union. **Strength and Conditioning Journal**, Dublin, v. 35, n. 6, p.78–85, dec. 2013. Disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/272037663\\_Applications\\_of\\_the\\_Session\\_Rating\\_of\\_Perceived\\_Exertion\\_System\\_in\\_Professional\\_Rugby\\_Union](http://www.researchgate.net/publication/272037663_Applications_of_the_Session_Rating_of_Perceived_Exertion_System_in_Professional_Rugby_Union). Acceso en: 12 ago. 2015.

CRESS, M.; PORCARI, J.; FOSTER, C. Interval training. **ACSM's Health & Fitness Journal**, Indianápolis, v. 19, n. 6, p.3-6, nov.-dic. 2015. Disponible en: [http://mobile.journals.lww.com/acsm-healthfitness/\\_layouts/oaks.journals.mobile/articleviewer.aspx?year=2015&issue=11000&article=00003](http://mobile.journals.lww.com/acsm-healthfitness/_layouts/oaks.journals.mobile/articleviewer.aspx?year=2015&issue=11000&article=00003). Acceso en: 16 nov. 2015.

CUADRADO, J. **Análisis de la influencia de la intensidad del entrenamiento sobre variables de control de la carga interna en deportes colectivos**. 2010. 201 p. Tesis Doctoral (Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte). Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada, Granada, 2010.

DE HEGEDÜS, J. **Teoría y práctica de la resistencia**. Bs. As.: C.D. & Books, 1996. 129 p.

DELAVIER, F. **Guía de los movimientos de musculación: Descripción anatómica**. 4. ed. Barcelona: Paidotribo, 2004. 123 p.

DELGADO, M.; GUTIÉRREZ, A.; CASTILLO, M.J. **Entrenamiento físico-deportivo y alimentación**. 3. ed. Barcelona: Paidotribo, 2007. 268 p.

DIEHL, J.J.; CHOI, H. Exercise: The data on its role in health, mental health, disease prevention, and productivity. **Primary Care: Clinics in office practice**, Philadelphia, v. 35, n. 4, p.803-816, dec. 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com.proxy.timbo.org.uy:443/science/article/pii/S0095454308000420>. Acceso en: 12 ago. 2015.

DIETRICH, M.; KLAUS, C.; KLAUS, L. **Manual de metodología del entrenamiento deportivo**. Barcelona: Paidotribo, 2001. 406 p.

FOSTER, Carl *et al.* Athletic performance in relation to training load. **Wisconsin Medical Journal**, Madison, v. 95, n. 6, p. 370 – 374, 1996.

GARBER, C.E. *et al.* Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, Indianápolis, v. 43, n. 7, p.1334-1359, july, 2011. Disponible en: [http://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2011/07000/Quantity\\_and\\_Quality\\_of\\_Exercise\\_for\\_Developing.26.aspx?WT.mc\\_id=HPxADx20100319xMP](http://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2011/07000/Quantity_and_Quality_of_Exercise_for_Developing.26.aspx?WT.mc_id=HPxADx20100319xMP). Acceso en: 12 ago. 2015.

GIBALA, M.J. *et al.* Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. **The Journal of Physiology**, Indianápolis, v. 575, n. 3, p.901-911, sep. 2006. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/jphysiol.2006.112094/abstract>. Acceso en: 10 abr. 2015.

GIBALA, M.J. *et al.* Physiological adaptations to low volume, high-intensity interval training in health and disease. **The Journal of Physiology**, Indianápolis, v. 590, n. 5, p.1077-1084, mar. 2012. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/jphysiol.2011.224725/pdf>. Acceso en: 20 abr. 2015.

GIST, N.H. *et al.* Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. **Sports Medicine**, Auckland, v. 44, n. 2, p.269-279, oct. 2013. Disponible en: [http://scholar.google.com.uy/scholar?cluster=8224029036028951955&hl=es&as\\_sdt=0,5&as\\_vis=1](http://scholar.google.com.uy/scholar?cluster=8224029036028951955&hl=es&as_sdt=0,5&as_vis=1). Acceso en: 6 abr. 2015.

GONZÁLEZ BADILLO, J. J.; RIBAS SERNA, J. **Bases de la programación del entrenamiento de la fuerza**. Barcelona: INDE, 2002. 366 p.

GUIRAUD, T. *et al.* High-Intensity interval training in cardiac rehabilitation. **Sports Medicine**, Auckland, v. 42, n. 7, p. 587-605, July, 2012. Disponible en: [http://www.centrepic.org/files/pdf/Recherche/2012\\_Guiraud\\_T\\_HIIT\\_R\\_Sports\\_Med.pdf](http://www.centrepic.org/files/pdf/Recherche/2012_Guiraud_T_HIIT_R_Sports_Med.pdf)  
Acceso en: 6 jul. 2014.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M.P. **Metodología de la Investigación**. 5. ed. México: Mc Graw Hill, 2010. 613 p.

HEYWARD, V.H. **Evaluación de la aptitud física y prescripción del ejercicio**. 5. ed. Madrid: Médica Panamericana, 2008. 427 p.

KESSLER, H.S.; SISSON, S.B; SHORT, K.R. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk. **Sports Medicine**, Auckland, v. 42, n. 6, p. 489-509, Jun. 2012. Disponible en: [http://www.carlocapelli.it/ftp/Didattica/Specialistica/Bibliografia/Training/Kessler\\_et\\_al\\_2012.pdf](http://www.carlocapelli.it/ftp/Didattica/Specialistica/Bibliografia/Training/Kessler_et_al_2012.pdf)  
df Acceso en: 6 jul- 2014.

KLIKA, B.; JORDAN, C. High-Intensity circuit training using body weight:máximum results with minimal investment. **ACSM's Health & Fitness Journal**, Indianápolis, v. 17, n. 3, p.8-13, May.-Jun. 2013. Disponible en:[http://journals.lww.com/acsmhealthfitness/fulltext/2013/05000/high\\_intensity\\_circuit\\_training\\_using\\_body\\_weight\\_5.aspx](http://journals.lww.com/acsmhealthfitness/fulltext/2013/05000/high_intensity_circuit_training_using_body_weight_5.aspx). Acceso en: 29 oct. 2015.

KRAVITZ, L. High-Intensity interval training. **American College of Sports Medicine: Access public information**, Indianápolis, 2014. Disponible en: <http://www.acsm.org/docs/brochures/high-intensity-interval-training.pdf?sfvrsn=4>. Acceso en: 14 abr. 2014.

LAURSEN, P.B.; JENKINS, D.G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimizing training programs and maximizing performance in highly trained endurance athletes. **Sports Medicine**, Auckland, v. 32, n.1, p.53-63, Jan. 2002. Disponible en: <http://www.tradewindsports.net/wp-content/uploads/2013/10/Laursen-02-Scien-Basis-for-HIIT-Review.pdf>. Acceso en: 11 abr. 2015.

LAURSEN, P.B. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training?. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Stafford, v. 20, n. 2, p.1-10, oct. 2010. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2010.01184.x/abstract>. Acceso en: 8 abr. 2015.

MANCILLA, R. *et al.* Ejercicio físico interválico de alta intensidad mejora el control glicémico y la capacidad aeróbica en pacientes con intolerancia a la glucosa. **Revista Médica de Chile**, Santiago, v. 142, n. 1, p.34-39, ene. 2014. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872014000100006](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872014000100006) Acceso en: 21 abr. 2015.

MATVEEV, L. **Fundamentos del entrenamiento deportivo**. Madrid: Esteban Sanz, 1985. 330 p.

MIRELLA, R. **Las nuevas metodologías del entrenamiento de la fuerza, la resistencia, la velocidad y la flexibilidad**. 2. ed. Barcelona: Paidotribo, 2009. 257 p.

MOYA, J. M. La percepción subjetiva del esfuerzo como parte de la evaluación de la intensidad del entrenamiento. **Efdeportes**. Revista digital, Buenos Aires, n. 73, jun. 2004. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd73/percep.htm>. Acceso en: 13 jun. 2015.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud**. Suiza: OMS, 2010. 56 p.

PANCORBO, A. **Medicina y ciencias del deporte y la actividad física**. Barcelona: Oceano/Ergon, 2012. 649 p.

PARODI, A. **Efecto de un programa de entrenamiento intermitente de alta intensidad, entrenamiento de fuerza-resistencia muscular, flexibilidad e intervención nutricional sobre la composición corporal y capacidades físicas de personas obesas o con sobrepeso adiposo**. 2014. 142 p. Tesina de conclusión de curso (Licenciatura en Educación Física). Instituto Superior de Educación Física, ISEF, Montevideo, 2014.

PLATONOV, V.N. **El entrenamiento deportivo, teoría y metodología**. 6. ed. Barcelona: Paidotribo, 1999. 320 p.

PLATONOV, V.N. **Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico**. Barcelona: Paidotribo, 2001. 686 p.

RIUS, J. **Metodología y técnicas de atletismo**. Barcelona: Paidotribo, 2005. 480 p.

ROBERTSON, R. *et al.* Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 35, n. 2, p.333–341, 2003. Disponible en: [http://facstaff.bloomu.edu/jandreac/downloads/articles4cv/robertson\\_etal\\_2003.pdf](http://facstaff.bloomu.edu/jandreac/downloads/articles4cv/robertson_etal_2003.pdf)  
Acceso en: 10 mar. 2015.

RODRIGUEZ, D.; ARGEMI, R. Planificación del ejercicio terapéutico para la salud. In: ARGEMI, R. **El intermitente: fundamentos del trabajo físico**. Buenos Aires: Fromprint, 2014. cap. 8. p.109-126.

RODRÍGUEZ, F.A. Prescripción de ejercicio para la salud resistencia cardiorrespiratoria. **Apunts Educación Física y Deportes**, Barcelona, n. 39, p. 87-102, 1er. trim., 1995. Disponible en: <http://www.revista-apunts.com/es/hemeroteca?article=856>. Acceso en: 3 oct. 2015.

SCHOLICH, M. **Entrenamiento en circuito**. Buenos Aires: Stadium, 1989. 235 p.

SMART, N.A; DIEBERG, G.; GIALLAURIA, F. Intermittent versus continuous exercise training in chronic heart failure: A meta-analysis. **International Journal of Cardiology**, Dublin, v. 166, n. 2, p.352-358, june, 2013. Disponible en: [http://www.internationaljournalofcardiology.com/article/S0167-5273\(11\)01949-8/pdf](http://www.internationaljournalofcardiology.com/article/S0167-5273(11)01949-8/pdf) Acceso en: 1 may., 2015.

TANAKA, H; MONAHAN, K.D.; SEALS, D.R. Age-Predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the American College of Cardiology**, Washington, v. 37, n. 1, p.153–156, jan. 2001. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109700010548>. Acceso en: 13 abr. 2015.

THOMAS, J.R.; NELSON, J.K. **Métodos de investigación en actividad física**. Barcelona: Paidotribo, 2006. 492 p.

THOMPSON, W.R. Worldwide survey of fitness trends for 2016: 10th Anniversary Edition. **ACSM's Health & Fitness Journal**, Indianápolis, v. 19, n. 6, p.9-18, nov.-dic. 2015. Disponible en: [http://journals.lww.com/acsm-healthfitness/Fulltext/2015/11000/WORLDWIDE\\_SURVEY\\_OF\\_FITNESS\\_TRENDS\\_FOR\\_2016\\_\\_10th.5.aspx](http://journals.lww.com/acsm-healthfitness/Fulltext/2015/11000/WORLDWIDE_SURVEY_OF_FITNESS_TRENDS_FOR_2016__10th.5.aspx). Acceso en: 16 nov. 2015.

TOUBEKIS, A.G *et al.* Repeated sprint swimming performance after low or High-intensity active and passive recoveries. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Philadelphia, v. 25, n. 1, p.109-116, jan. 2011. Disponible en: [http://www.researchgate.net/publication/41112047\\_Repeated\\_sprint\\_swimming\\_performance\\_after\\_low-or\\_high-intensity\\_active\\_and\\_passive\\_recoveries](http://www.researchgate.net/publication/41112047_Repeated_sprint_swimming_performance_after_low-or_high-intensity_active_and_passive_recoveries). Acceso en: 12 abr. 2015.

VARGAS, R. **Diccionario de teoría del entrenamiento deportivo**. 2. ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2007. 220 p.

VASCONCELOS, A. **Planificación y organización del entrenamiento deportivo**. 2. ed. Barcelona: Paidotribo, 2000. 200 p.

WALLER, M.; MILLER, J.; HANNON, J. Resistance circuit training: its application for the adult population. **Strength and Conditioning Journal**, London, v. 33, n. 1, p.16-22, feb. 2011. Disponible en: [http://excelsiorgroup.co.uk/wp-content/uploads/2015/04/Resistance\\_Circuit\\_Training\\_\\_Its\\_Application\\_for.2.pdf](http://excelsiorgroup.co.uk/wp-content/uploads/2015/04/Resistance_Circuit_Training__Its_Application_for.2.pdf). Acceso en: 31 oct. 2015.

WEINECK, J. **Entrenamiento total**. Barcelona: Paidotribo, 2005. 686 p.

WESTON, K.S.; WISLØFF, U.; COOMBES, J.S. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. **British Journal of Sports Medicine**, London, v. 48, n. 16, p.1227-1234, aug. 2014. Disponible en: [https://www.rcsi.ie/files/facultyofsportsexercise/20141201122758\\_High-intensity%20interval%20traini.pdf](https://www.rcsi.ie/files/facultyofsportsexercise/20141201122758_High-intensity%20interval%20traini.pdf) Acceso en: 6 abr. 2015.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiología del esfuerzo y del deporte**. 6. ed. Barcelona: Paidotribo, 2007. 776 p.

## **8 ANEXOS**

ANEXO 1

Consentimiento de los Sujetos

ANEXO 2

Frecuencia Cardíaca Máxima Calculada por Sujeto

ANEXO 3

Registro de la PSE General por Sujeto

ANEXO 4

Registro de la FC Real Durante las Sesiones

ANEXO 5

Planificación Semanal

## ANEXO 1

## Consentimiento de los Sujetos

Montevideo, 29 de junio, de 2015.

Quien suscribe..... declaro estar en buenas condiciones de salud para participar del estudio titulado *Impacto del entrenamiento interválico de alta intensidad sobre el sistema cardiovascular* que se va a llevar a cabo durante veinticuatro sesiones.

Los objetivos de este estudio son analizar cómo el Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad afecta al sistema cardiovascular y a la percepción subjetiva del esfuerzo, para describir si hay variaciones en cuanto al volumen máximo de oxígeno, la frecuencia cardíaca basal, frecuencia cardíaca de recuperación, previo y posterior al entrenamiento. Describir la relación entre el consumo máximo de oxígeno y frecuencia cardíaca de recuperación, así como describir la tendencia de la percepción subjetiva del esfuerzo durante las sesiones.

Autorizo el uso de los datos recabados, que serán utilizados en forma anónima para la tesis de grado de Natalia Granja, C.I 4.051.794-0, estudiante de la carrera Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deporte del Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes.

Firma: -----

## ANEXO 2

## Frecuencia Cardíaca Máxima Calculada por Sujeto

Tabla: FCM por sujeto.  
Fuente: Elaboración propia (2015).

Sujeto	FCM = $208 - 0,7 \times \text{edad}$
1	184
2	191
3	185
4	186
5	181
6	181
7	186
8	194
9	184
10	195
11	187
12	194
13	191
14	191
15	190
16	184
17	195

## ANEXO 3

## Registro de la PSE General por Sujeto

Tabla: PSE general por sujeto.  
Fuente: Elaboración propia (2015).

Sujeto	PSE inicial (8-jul.)	PSE intermedia (29-jul.)	PSE final (26-ago.)
1	8	8	8
2	7	7	7
3	8	8	7
4	6	6	7
5	6	6	6
6	8	8	8
7	8	8	8
8	7	7	7
9	8	7	8
10	6	6	8
11	6	7	8
12	6	6	6
13	6	8	6
14	6	6	8
15	6	7	7
16	7	7	7
17	7	8	8

## ANEXO 4

Registro de la FC Real en las Sesiones.

Tabla: FC real por sujeto en las sesiones.

Fuente: Elaboración propia (2015).

Sujeto	FC inicial promedio (8-jul)	FC intermedia promedio (29-jul.)	FC final promedio (26-ago.)
1	155	157	165
2	157	160	168
3	155	158	166
4	152	153	160
5	150	152	157
6	150	154	162
7	155	157	162
8	162	165	170
9	153	155	165
10	159	162	171
11	156	159	167
12	161	167	172
13	156	157	165
14	157	163	171
15	156	156	165
16	149	151	157
17	158	163	170

## ANEXO 5

## Planificación Semanal

## Semana 1 a 4

- Tiempo total de la sesión: 46 min.
- Entrada en calor general (10 min.): Ejercicios de movilidad articular, intensidad suave a moderada y estiramiento.
- Entrada en calor específica (4 min.): Vuelta al circuito a intensidad moderada, 15 seg. x 15 seg.
- Parte central (22 min.): Circuito con 8 estaciones; intensidad 80 – 85% de la FCM; 10 seg. x 10 seg. durante 4 min.(1 vuelta y media al circuito); macro pausa de 2 min.; repito por 4 ciclos.
- Parte final (10 min.): Vuelta a la calma y flexibilidad.

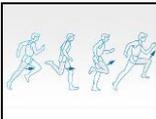
Se hizo énfasis en una acción rápida de todos los ejercicios siempre que se pudiera mantener una buena técnica de ejecución.

## Semana 5 a 8

- Tiempo total de la sesión: 46 min.
- Entrada en calor general (10 min.): Ejercicios de movilidad articular, intensidad suave a moderada y estiramiento.
- Entrada en calor específica (4 min.): Vuelta al circuito a intensidad moderada, 15 seg. x 15 seg.
- Parte central (22 min.): Circuito con 8 estaciones; intensidad 85 – 90% de la FCM; 15 seg. x 15 seg. durante 4 min.(1 vuelta al circuito); macro pausa de 2 min.; repito por 4 ciclos.
- Parte final (10 min.): Vuelta a la calma y flexibilidad.

Se hizo énfasis en una acción rápida de todos los ejercicios siempre que se pudiera mantener una buena técnica de ejecución.

## Circuito semana 1

1. Ejercicio general: *Jumpling jacks*. 
2. Tren inferior: sentadillas hasta los 90° y al subir salto. 
3. Empuje: lagartijas con manos sobre banco. 
4. Metabólico: 20 metros carrera recta (no a máxima). 
5. Ejercicio general: plancha con manos en el piso, llevar rodillas al pecho alternado. 
6. Tracción: con bandas enganchadas en el espaldar a la altura del pecho, llevar codos hacia atrás. 
7. Metabólico: carrera zing zag con cambio de dirección. 
8. Zona media: abdominales con pelota, pasarla de pies a manos. 

## Circuito semana 2

1. General: plancha con manos en el piso y salto a cucullas.



2. Tren inferior: estocadas saltadas.



3. Tren superior: fondo de tríceps en banco.



4. Metabólico: en escalera coordinativa, *skipping* lateral y luego frontal.



5. General: llevar pesa rusa de abajo a arriba empujando con la cadera.



6. Tracción: con banda enganchada en el espaldar a la altura del pecho, pies al ancho de las caderas, piernas semiflexionadas, llevar codos bien atrás alternados.

7. Metabólico: carrera recta 4 metros y retrocedo 4 metros, recta 8 y retrocedo 4.



8. Zona media: abdominales, posición supina, bajar y subir piernas extendidas.



## Circuito semana 3

1. Tren inferior: mantener posición de sentadilla, con mini banda en los tobillos y caminar a los laterales.



2. Tren superior: banda en espalda a la altura del pecho, empujar adelante.



3. Metabólico: triangulo, carrera y tocar 1 cono, volver e ir a tocar el otro.



4. Zona media: supino en cuatro en 4 apoyos y pasar a 2, tocando con la mano el pie contrario que sube.



5. Tren inferior: saltar al BOSU® y bajar caminando, repetir.



6. Tren superior: tracción con cuerda larga, cinchada.



7. Metabólico: subir y bajar escaleras.



8. Dorso lumbar: sobre pelota, llevar una pelota de tenis por detrás de la espalda a la altura de la cadera levantando el pecho y luego por delante de la cabeza.



## Circuito semana 4

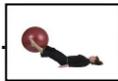
1. Zona media: manos a la nuca, alterno una pierna con el codo opuesto.



2. Tren inferior: *Burpees* con salto sin flexión de codos.



3. Tren superior: deltoides más tríceps, subir disco desde pecho hasta por encima de la cabeza, flexionar codos, extender y volver a la posición inicial.
4. Metabólico: multisaltos, adelante, medio, costado, medio, adelante y al otro costado de un cuadrado dibujado en el piso.
5. Zona media: en supino, manos apoyadas en el piso, sostener pelota con tobillos, bajarla y subirla.



6. Tren inferior: desde arriba de un banco (altura por las rodillas) bajar de forma alterna una pierna y otra.



7. Tren superior: tracción con banda enganchada en el espaldar, abriendo lo más posible los brazos al traer.
8. Metabólico: carrera de 20 metros ida y vuelta, no máxima.

## Circuito semana 5

1. General: sentadilla con *press* militar (con disco).

2. Tren superior: lagartijas sobre el BOSU®.



3. Metabólico: multisalto con cuerda.



4. Zona media: oblicuos sobre el BOSU® .



5. General: *burpess* con salto llevando rodillas al pecho.

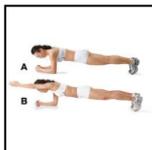
6. Tren superior: dorsales en TRX® llevando los codos pegados al cuerpo hacia atrás.



7. Metabólico: *skipping* sobre trampolín.



8. Zona media: en posición de plancha con codos en colchoneta tocar con la mano un cono que está en el piso adelante, alternando la mano.



## Circuito semana 6

1. General: Abro y junto piernas saltando y al mismo tiempo empujo al frente y traigo al pecho un disco (siempre a la altura del pectoral).



2. Tren inferior: sentadillas sobre un BOSU® invertido.
3. Tren superior: esquivar una cuerda pasando por debajo y al incorporarse dar golpe de box (*jab*) alternando derecha izquierda (con o sin mancuernas livianas en las manos).
4. Metabólico: carrera de 20 metros ida y vuelta, no máxima.
5. General: en posición de plancha con las manos apoyadas en el BOSU llevar rodillas al pecho alternadas.



6. Tren inferior: sentadilla con salto.
7. Tren superior: en posición prono sobre el BOSU, tracción con banda elástica la cual esta enganchada en el espaldar, llevando las manos desde delante de la cabeza hacia la cadera, hasta extender los codos.
8. Metabólico: salto bipodal sobre un trampolín.

## Circuito semana 7

1. Metabólico: ejercicio de *skipping* en el lugar y luego carrera recta de 10 metros.
2. Tren superior: con banda elástica enganchada en el espaldar, de espaldas al mismo con un pie adelante y el otro atrás, hacer 4 golpes de boxeo *jab-cross* y luego saltar cambiando de lado y repetir.
3. Tren inferior: acostado en supino sobre una colchoneta, apoyar los pies sobre el BOSU®, las manos al costado del cuerpo, despegar de forma alterna los pies del BOSU®, en todo el movimiento lo único que queda apoyado en la colchoneta son los omóplatos.
4. Zona media: oblicuos, acostado en una colchoneta en posición supina, al despegar los omóplatos del piso y rotar el tronco también subir una pierna y tocar la punta de ese pie con la mano contraria, alternar.
5. Metabólico: correr de cono a cono de costado de derecha a izquierda (5 metros) y luego carrera recta de 10 metros (no máxima).
6. Tren superior: en posición de plancha con mancuernas llevar de manera alternada un codo hacia arriba, siempre pegado al cuerpo.



7. Tren inferior: sobre el BOSU® en posición de sentadilla (piernas y muslos a 90°), llevar un pie al piso de costado de manera alternada, rápido.
8. Zona media: en prono con solamente las manos apoyadas en el piso y los pies sobre una pelota, traer la pelota al pecho y luego extender las piernas, repetir.



## Circuito semana 8

1. Metabólico: carrera 10 metros ida y vuelta.
2. Tren superior: con banda elástica enganchada a lo alto del espaldar, pies separados más que el ancho de los hombros y piernas semiflexionadas, rotar el tronco y al mismo tiempo llevar las manos desde arriba hacia un lado de la cadera y atrás, alternar a un lado y al otro.



3. Tren inferior: subidas al banco desde abajo hacia arriba, alternado.



4. Zona media: sentado con el tronco inclinado hacia atrás, con un disco sostenido en las manos y brazos extendidos, rotar el tronco llevando el disco a un lado y al otro de forma que toque el piso.



5. Aeróbico: simulador de remo.
6. Tren superior: en posición de plancha, apoyar las manos con los brazos extendidos en un BOSU®, luego apoyar solo un codo, luego el otro, después una mano y por último la otra, repetir.



7. Tren inferior: sentadilla saltada, más tijera saltada, alternar estos dos gestos.
8. Zona media: acostado en posición supina sobre una pelota, despegar omóplatos.

